REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES PURES ET APPLIQUÉES ET BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ PHILOMATHIQUE

Président du Comité de Direction :

Jacques TREFOUEL

Membre de l'Institut et de l'Académie de Médecine
Directeur de l'Institut Pasteur

TOME LVI - 1949



SOCIÉTÉ D'ÉDITION D'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
99, boulevard Saint-Michel
PARIS

Fondateur : **L. OLIVIER** (1890-1920)

Directeurs : **J.-P. LANGLOIS** (1910-1923), **L. MANGIN** (1924-1937), **R. ANTONY** (1937-1941)
J. VILLEY (1941-1948)

Revue générale des Sciences
pures et appliquées
et Bulletin de la Société Philomathique
T. LVI — Nos 1-2 — 1949

ÉDITORIAL

Ce numéro est le premier de l'année 1949 et s'il accuse encore du retard sur une parution en harmonie avec le calendrier, ce retard est tout près d'être comblé ; le numéro suivant est déjà sous presse, en sorte que bientôt notre Revue portera la date du mois où elle paraîtra.

C'est pour nous une agréable occasion de faire de cette livraison le messager de nos vœux auprès de nos abonnés et de nos lecteurs.

Dans la conjoncture présente, pour un périodique comme le nôtre, c'est déjà une singulière vertu que de subsister. D'autres n'ont pas le même bonheur, et c'est sans joie que nous voyons en grand péril de belles publications victimes des difficultés actuelles qui ne laissent plus de place aux entreprises désintéressées. Pour notre part, nous n'éluderons aucun effort, ni aucun sacrifice afin de continuer notre tâche d'information et de commentaire dans le domaine des sciences pures et appliquées.

Notre Revue se maintient grâce à la fidélité de ses abonnés qui est bien le meilleur encouragement qu'on puisse recevoir. Comme ils s'en sont aperçus nous avons maintenu le prix de l'abonnement à une somme modeste, infiniment moindre que celui de publications semblables françaises ou étrangères. Cet effort, à la limite de nos possibilités, nous oblige à prier instamment nos lecteurs de s'abonner et à inviter leurs amis, leurs collègues à faire de même. Ce n'est que par un effort commun que nous pourrons maintenir les tarifs présents et mettre à exécution des améliorations projetées. D'ores et déjà, hypothéquant l'espoir que notre appel sera entendu, nous pouvons annoncer que le prochain numéro comportera, en hors texte, une planche en cinq couleurs.

Pour le moment, et toujours pour ne pas élever le prix de l'abonnement, nous continuerons à paraître en numéros doubles de quarante-huit pages. C'est un moyen de réduire

notablement le prix de fabrication et les frais de port par rapport à ce qu'ils seraient pour deux numéros de vingt-quatre pages. Nous ne manquerons pas de reprendre la périodicité mensuelle dès que cela sera possible.

En ce qui concerne le fond même des articles et la tenue scientifique de la Revue, nos lecteurs n'ont pas manqué de voir avec satisfaction, qu'à son ancien directeur, le regretté Professeur Jean Villey, a succédé un comité de direction, présidé par M. Tréfouël, directeur de l'Institut Pasteur. C'est un agréable devoir, pour l'éditeur, de le remercier, ainsi que ceux qui l'entourent, d'apporter l'appui de leur haute autorité à la pérennité d'une publication qui, depuis plus de cinquante ans, est réputée en France et à l'étranger.

Ce numéro étant le premier de l'année 1949, nous prions ceux de nos lecteurs qui ne l'ont déjà fait de bien vouloir renouveler leur abonnement (France et Union française : 650 francs, Etranger : 750 francs) par chèque ou chèque postal (compte courant Paris 5625-02).

LA FIGURE DE LA TERRE

Méthode rapide pour obtenir les résultats de CLAIRAUT relatifs à la Figure de la Terre

par J. RUFFET

Docteur ès Sciences Mathématiques - Privat-Docent de l'Université de Genève

INTRODUCTION

Le problème que nous nous proposons d'étudier concerne la figure d'équilibre d'une masse fluide hétérogène en rotation uniforme autour d'un axe supposé fixe. Dans ses *Principia,* Newton avait étudié la forme de la terre en la supposant homogène; mais à la suite de l'expédition de Laponie, en 1736-1737, Clairaut est amené à envisager le problème, mais pour une masse hétérogène; il s'exprime d'ailleurs en ces termes dans son ouvrage, *Figure de la Terre,* en 1743 :

« La longueur du pendule et le rapport des axes donnés par M. Newton ne s'accordant pas avec les observations que nous avions faites en Laponie, j'ai abandonné les suppositions de l'homogénéité de la terre et j'ai cherché la figure en supposant qu'elle fût composée d'une infinité de couches dont les densités variaient suivant une loi quelconque depuis le centre jusqu'à la surface. »

Quelles sont les hypothèses de base du problème résolu par Clairaut? La masse tourne en bloc autour de son axe avec une vitesse angulaire constante assez faible pour que l'on puisse négliger le carré de l'aplatissement. En première approximation, la figure est ellipsoïdale; en fait, c'est Laplace qui a montré dans la suite qu'une masse hétérogène en rotation lente devait prendre nécessairement la forme ellipsoïdale en première approximation.

La difficulté du problème envisagé réside en ce que nous ne connaissons pas la loi de variation des densités à l'intérieur de la masse; c'est là l'inconnue qui crée la difficulté essentielle du problème de la masse hétérogène, pourtant le seul applicable à la figure de la terre.

Dans sa théorie sur la figure de la Terre, Clairaut établit : une équation différentielle du deuxième ordre qui lie l'aplatissement de toutes les couches à la densité. Equation encore connue sous le nom d'équation de Clairaut.

Il établit ensuite deux limites entre lesquelles l'aplatissement doit nécessairement être compris.

Et, enfin, il donne la variation de la pesanteur de l'équateur aux pôles et cela indépendamment de toute hypothèse sur la variation des densités.

Après Clairaut, d'Alembert établit une nouvelle formule importante qui permettrait de déduire l'aplatissement de la Terre de la considération des moments d'inertie et des mesures purement astronomiques de la précession.

Ces formules de Clairaut et de d'Alembert ont constitué, pendant près d'un siècle et demi, toutes nos connaissances théoriques sur l'aplatissement de la Terre. Depuis plus d'un demi-siècle, de remarquables travaux sur ce sujet ont été publiés. Dans son ouvrage, *Figures planétaires et Géodésie,* M. Wavre expose d'une part sa méthode du procédé uniforme, où la théorie classique de Clairaut en constitue la première approximation, et, d'autre part, il retrouve, à partir d'une formule due à Bruns, les résultats de la théorie classique.

Nous nous proposons de montrer que, par cette dernière méthode, l'étude de la figure de la Terre en première approximation peut constituer un chapitre d'un cours de mécanique rationnelle; en effet, elle ne fait appel qu'aux résultats du calcul différentiel et intégral et de la géométrie infinitésimale du niveau des cours de la licence. Nous ne développerons pas les calculs élémentaires, mais nous chercherons à retrouver nos résultats par la voie la plus rapide et de la manière la plus géométrique possible, sans faire emploi à aucun instant des fonctions sphériques dont l'usage est constant chez Laplace et Poincaré, par exemple.

EQUATIONS FONDAMENTALES

Considérons les équations de l'hydrodynamique pour un fluide non visqueux.

x, y et z étant un système d'axes orthogonaux, on a :

$$\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x} = x^e - \gamma_x$$

ρ étant la densité; p la pression; γ_x l'accélération de la particule, et x^e les projections de la résultante des forces extérieures.

Dans le cas de la figure de la Terre, les seules forces extérieures proviennent de l'attraction newtonienne. En désignant par U le potentiel newtonien, nos équations s'écrivent:

$$\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x} = \frac{\partial U}{\partial x} - \gamma_x$$

Comme il s'agit d'un fluide qui tourne tout d'une pièce avec une vitesse angulaire constante ω autour de oz supposé fixe, l'accélération de chaque particule est dirigée vers le centre du cercle trajectoire, et l'on a :

$$\gamma_x = -\omega^2 x \quad ; \quad \gamma_y = -\omega^2 y \quad ; \quad \gamma_z = o$$

Au signe près, ce sont les composantes de la force centrifuge. Nous pouvons encore introduire le potentiel de la force centrifuge :

$$Q = \frac{\omega^2}{2}(x^2 + y^2)$$

Enfin, en posant $\Phi = U + Q$, les équations fondamentales s'écrivent :

$$(1) \qquad \boxed{\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x} = \frac{\partial \Phi}{\partial x}}$$

Φ est appelé le potentiel du champ de la pesanteur. Ses composantes sont :

$$(2) \qquad \boxed{\frac{\partial \Phi}{\partial x} = g_x = \frac{\partial U}{\partial x} - \gamma_x}$$

Le vecteur $\vec{g}$ est la résultante de l'attraction et de l'accélération renversée, c'est le vecteur pesanteur : $\vec{g} = \vec{A} - \vec{\gamma}$.

CONSEQUENCES

En multipliant nos relations (1) respectivement par dx, dy, dz, et en additionnant, on obtient l'équation équivalente :

$$\frac{1}{\rho}\, dp = d\Phi$$

Si, pour un déplacement du point (x, y, z), p reste constant, Φ reste aussi constant car $dp = 0$ entraîne $d\Phi = 0$ et réciproquement. Ainsi les surfaces d'égale pression et d'égal potentiel Φ coïncident :

$$p = p(\Phi) \text{ et } \Phi = \Phi(p)$$

Notre équation prend la forme :

$\frac{1}{\rho} = \frac{d\Phi}{dp} = \Phi'(p)$, la densité ne dépend aussi que de la pression .

$$\rho = f(p)$$

On conclut :

Les surfaces d'égale densité et d'égale pression coïncident.

Nos équations (1) et (2) montrent que le vecteur pesanteur $\vec{g}$ est normal aux surfaces d'égale pression et dirigé du côté où la pression augmente.

dn étant l'élément de normale dirigé dans ce sens-là, on a :

$$\frac{1}{\rho}\cdot\frac{dp}{dn} = g$$

g est l'intensité de la pesanteur.

$\vec{g}$, normal aux surfaces d'égale pression, l'est aussi aux surfaces d'égale densité.

Nous entendons par surface d'égale densité, une surface sur laquelle la densité est constante, mais croît ou décroît quand on la traverse dans un certain sens.

FORMULE DE BRUNS

En partant des équations fondamentales (2), établissons maintenant la formule de Bruns. Prenons la divergence des deux membres, il vient :

$$(3) \qquad \boxed{\operatorname{div} \vec{g} = -4\pi K\rho + 2\omega^2}$$

le premier terme du second membre n'étant autre que le laplacien du potentiel newtonien donné par la formule de Poisson. K est le coefficient de l'attraction universelle.

Précisons que dans le cas de l'équilibre relatif, ω est constant.

Transformons le premier membre de (3).

g est l'intensité de la pesanteur; α, β et γ les cosinus directeurs.

$$g_x = g\alpha;\; g_y = g\beta;\; g_z = g\gamma.$$

La divergence devient :

$$\operatorname{div}\vec{g} = \underbrace{\frac{dg}{dx}\cdot\alpha + \ldots + \ldots}_{\text{I}} + g\underbrace{\left(\frac{\partial\alpha}{\partial x} + \ldots + \ldots\right)}_{\text{II}}$$

dn étant l'élément de normale vers le bas, on a I $\rightarrow \frac{dg}{dn}$, dérivée de g prise dans la direction α, β, γ ; la parenthèse II est la divergence des vecteurs normaux $\vec{n}$ aux surfaces

d'égale pression; un résultat du calcul différentiel nous permet de dire qu'elle est égale, au signe près, au double c de la courbure moyenne de la surface d'égale pression ou densité passant au point considéré :

$$\text{II} \rightarrow -c$$

Les rayons de courbure sont comptés positivement dans le sens de $\vec{g}$ et la dérivée normale est aussi prise dans ce sens-là.

(3) devient après substitution :

$$(4) \quad \boxed{\frac{dg}{dn} - cg = -4\pi K\rho + 2\omega^2}$$

Cette relation constitue la formule de Bruns (1878) : relation rigoureuse qui lie l'intensité de la pesanteur, sa variation suivant la verticale, la densité du point où l'on opère, la courbure moyenne de la surface d'égale densité passant par ce point, la vitesse angulaire du fluide et la constante K de l'attraction universelle.

Admettons, par exemple, que les mesures précises de pesanteur soient praticables dans un sous-marin qui échappe au balancement que les vagues font subir aux corps flottants à la surface. Deux mesures de la pesanteur à deux profondeurs différentes suffiraient, en théorie, pour déterminer la courbure moyenne de la surface libre des océans. Cette relation, d'un intérêt immense, a été indiquée par Bruns dans son mémoire *Figur der Erde*, mais transcrite avec des notations qui ne la font pas ressortir.

STRATIFICATION

La stratification sera la répartition des surfaces d'égale densité au point de vue strictement géométrique, elles seront caractérisées par un paramètre t. Par exemple : si les couches d'égale densité coïncident avec une famille d'ellipsoïdes, nous dirons : stratification ellipsoïdale. La fonction $\rho\,(t)$ qui attache à chaque surface t une densité ρ est la loi des densités.

Les trajectoires orthogonales des surfaces d'égale densité sont les lignes de force du champ de la pesanteur. Elles forment une multiplicité à deux paramètres. Pour simplifier, considérons un plan méridien; t et θ ont une signification particulière : t sera la distance comptée sur l'axe de rotation du pôle nord de la surface libre $t = 0$ à la surface t et θ sera tel que $\theta = 0$ représente l'axe polaire. t et θ forment un système de coordonnées curvilignes orthogonales.

Soit dn un élément de normale compté positivement dans le sens de t croissant

Posons (5) $\boxed{\dfrac{dn_\theta}{dt} = N\,(t, \theta).}$

Cette quantité n'est jamais négative; sur l'axe polaire, elle devient égale à l'unité. La pesanteur g n'est autre que la dérivée normale du potentiel Φ

$$g = \frac{d\Phi}{dn_i} = \frac{d\Phi}{dt} \cdot \frac{dt}{dn_i} \quad .$$

En désignant par Φ' la dérivée de Φ par rapport à t soit $g\,(t, o)$, il vient :

$$(6) \quad \boxed{g = -\Phi' \cdot \frac{1}{N} \cdot}$$

relation qui traduit la propriété que la force varie en raison inverse de la distance des surfaces de niveau.

En désignant par f le second membre de la formule de Bruns (4), cette dernière peut s'écrire, en vertu de (5) et (6),

$$(7) \quad \boxed{\frac{dg}{dt} = C\,\Phi' - f \cdot N}$$

Elle est vraie le long d'une ligne de force quelconque et sur toute surface t; Φ est le même pour une surface à t constant; on a. θ' et θ'' étant deux lignes de force quelconques :

$$(gN)_{\theta'} = (gN)_{\theta''}$$

ou en dérivant par rapport à t

$$\left(\frac{dg}{dt} N + g \frac{dN}{dt}\right)_{\theta'} = \left(\qquad \qquad \right)_{\theta''}$$

Tenons compte de (6) et (7) et réunissons dans le premier membre ce qui ne dépend que de t :

(8)

$$\boxed{\frac{f\,(t)}{\Phi\,(t)} = \frac{\left(CN - \frac{d}{dt} \log N\right)_{\theta'} - \left(CN - \frac{d}{dt} \log N\right)_{\theta''}}{(N^2)_{\theta'} - (N^2)_{\theta''}}}$$

Le second membre ne contient que des éléments géométriques, c'est-à-dire la stratification. Le premier membre fonction de t n'est autre que :

$$\frac{f\,(t)}{\Phi(t)} = \frac{4\pi K\rho - 2\omega^2}{g_p\,(t)}$$ ← pesanteur sur l'axe polaire.

L'EQUATION DIFFERENTIELLE DE CLAIRAUT

Nous nous proposons, en partant de l'égalité (8), de retrouver l'équation différentielle de Clairaut qui lie l'aplatissement des couches à la densité moyenne.

Supposons, avec Clairaut, que les surfaces d'égale densité sont des ellipsoïdes de révolution concentriques. Soit t le rayon au pôle ; pour des ellipsoïdes peu aplatis, on a :

$$\overline{OM} = t\,(1 + e\,\mathrm{Sin}^2\,\theta)$$

En particulier : le rayon équatorial $= t\,(1 + e)$.

Dans notre relation (8) θ' représente le rayon équatorial et θ'' le rayon polaire. Désignons par $C_p\,(t)$ le double de la courbure moyenne au pôle et par $C_e\,(t)$ le double de la courbure moyenne à l'équateur.

Les formules classiques des rayons de courbure donnent pour nos ellipsoïdes peu aplatis (c'est-à-dire en négligeant les termes de l'ordre de ee', e^2...)

$$C_E = \frac{2}{t} \quad ; \quad C_p = \frac{2}{t}\,(1 - 2e)$$

; d'autre part :

$$N_E = 1 + e + te' \,; \quad N_p = 1.$$

Remarquons que le dénominateur du second membre de (8), c'est-à-dire la différence des N^2 est du 1er ordre. En multipliant le premier membre par cette différence, on voit qu'on peut négliger le terme en ω^2 et calculer $g_p(t)$ dans l'hypothèse d'une stratification sphérique. Si l'on introduit $D\,(t)$ la densité moyenne de la matière intérieure à la couche t, on trouve :

$$(10) \qquad g_P = \frac{4}{3}\,\pi K t D \quad \text{et} \quad \rho = D + \frac{1}{3}\,tD'$$

Introduisons alors les relations (9) et (10) dans (8). Un calcul élémentaire, et en négligeant les termes du second ordre, donne l'équation cherchée qui lie l'aplatissement à la densité moyenne ; c'est une équation différentielle du second ordre appelée équation de Clairaut.

$$(11) \qquad e''D + 2e'D' + \frac{2}{t}\,eD' + \frac{6}{t}\,e'D = 0. \qquad \text{ou} \quad 2eD' + 6\rho e' + Dte'' = 0.$$

Si la densité est donnée, D est donné et D' aussi ; cette relation donnera l'aplatissement par une équation différentielle du second ordre. Mais pour nous $\rho(t)$ est inconnue : c'est la difficulté.

On peut ramener l'équation différentielle du second ordre de Clairaut à une équation différentielle du premier ordre, en posant avec Radau :

$\eta = t\,\dfrac{e'}{e}$ et en utilisant la fonction $G = t\,\dfrac{D'}{D}$

Il vient l'équation de Clairaut-Radau.

$$(12) \qquad t\eta' = -\,\eta^2 - (5 + 2G)\,\eta - 2G.$$

C'est une équation différentielle du premier ordre en η du type de Riccati dont on ne connaît pas de solution particulière ; on ne peut l'intégrer. Elle est valable à l'extérieur et à l'intérieur.

La fonction G peut s'écrire $G = 3\left(\dfrac{\rho}{D} - 1\right)$ expression déjà considérée par Poincaré et Callandreau. A l'extérieur du corps et dans le cas d'une concentration de la masse au centre $G = -\,3$; dans le cas de l'homogénéité, on a: $G = o$. D'où les limites

$$0 \leqslant -\,G \leqslant 3.$$

Une étude de cette équation différentielle de Riccati se trouve au chapitre VI de *Figures planétaires et géodésie* de Mr Wavre, et une étude approfondie des courbes représentées par cette équation de Clairaut-Radau dans les figures d'équilibre de Poincaré. Les principaux résultats de la discussion s'expriment de la manière suivante :

Les couches sont aplaties, peut-être sphériques (cas du repos) et l'aplatissement ne croit jamais de l'infini au centre de l'astre. Pour toute valeur de t, on a :

$$0 \leqslant \eta \leqslant -\,G \leqslant 3.$$

↗ masse homogène ↖ concentration au centre

On démontre que la figure d'équilibre d'une masse hétérogène est comprise entre celle d'une masse homogène et celle correspondant à une concentration au centre.

Intégrons notre équation différentielle de Clairaut (11) en nous plaçant à l'*extérieur de l'astre* c'est-à-dire pour $\rho = 0$. Il reste l'équation linéaire du second ordre : $6\,e - t^2 e'' = 0$ dont la solution est, en désignant par λ et u les deux constantes d'intégration

$$e = \omega^2\,\lambda\,(t^3 + u\,t^{-2}).$$

$\omega^2\,\lambda$ est notre constante multiplicative ; nous verrons que λ est liée à la masse totale et que u dépend de la différence des moments d'inertie.

$$(13) \qquad e = \omega^2\,\lambda\,(t^3 + ut^{-2}) \;;\; te' = \omega^2\,(3t^3 - 2ut^{-2})$$

Ce sont les solutions valables à l'extérieur de l'astre et sur la surface libre pour $t = 1$. En outre :

$$(13') \qquad \eta = \frac{3\,t^5 - 2\,u}{t^5 + u}$$

En tenant compte des valeurs limites de η on a ainsi à l'extérieur de l'astre les inégalités suivantes pour la constante u.

$$0 \leqslant u \leqslant \frac{2}{3}$$

↗ ↖
concentration au centre masse homogène

La stratification à l'extérieur est ainsi exprimée ; rappelons pour une direction θ

$$\overline{OM} = t\,(1 + e \sin^2 \theta).$$

Par suite la variation de g avec la latitude et sa déviation suivant la verticale, dépendant de la stratification sont connues à 2 constantes près.

VARIATION DE LA PESANTEUR AVEC LA LATITUDE

On avait (6) la relation donnant g à une latitude $(\frac{\pi}{2} - \theta)$ en fonction du g_p. A notre approximation, on peut confondre le dn avec le $d\,\overline{OM}$. Il vient en conséquence :

$$g = g_p \left[1 - (e + te') \sin^2 \theta\right].$$

Posons : $e + te' = x$ dont la valeur à l'extérieur de l'astre est : $\omega^2 \lambda\,(4t^3 - ut^{-2})$. La pesanteur est donnée par :

$$(14) \quad \boxed{g = g_p\,(1 - x \sin^2 \theta)}$$

Remarquons que pour $\theta = \frac{\pi}{2}$, on obtient la relation $x = \frac{g_p - g_{éq}}{g_p}$

la variation de g avec la latitude est exprimée en fonction de la pesanteur sur l'axe polaire. De la même manière, on étudiera la *déviation de la verticale avec l'altitude.*

Désignons par $d\psi$ la déviation de la verticale le long d'une normale à une surface d'égale densité.

$$Tg\,.\,d\psi \rightarrow d\psi = \frac{1}{t} \cdot \frac{\partial dn}{\partial \theta} = \frac{dt}{t} \cdot \frac{\partial \frac{dn}{dt}}{\partial \theta} \quad \text{soit}$$

$$d\psi = \frac{dt}{t} \cdot \frac{\partial \frac{g_p}{g}}{\partial \theta}$$

et en vertu du résultat précédent

$$(15) \quad \boxed{d\psi = \frac{dt}{t}\, x'.\, \sin 2\theta}$$

Nous avons donc obtenu, une fois la stratification à l'extérieur exprimée, la variation de g avec la latitude et sa déviation avec l'altitude, à des constantes près λ et u et à partir de la pesanteur sur l'axe polaire. Nous voyons l'importance de ces résultats en ce qui concerne le problème du tir dans le vide en tenant compte de la variation de g avec la latitude et l'altitude et de la rotation de la terre.

Cherchons maintenant à déterminer la valeur de la pesanteur sur l'axe polaire par une intégration dans l'astre, c'est-à-dire la

VARIATION DE LA PESANTEUR AVEC L'ALTITUDE

Partons de l'équation de Poisson pour le champ de la pesanteur (3). Intégrons les deux membres dans le volume V occupé par l'astre de masse M et faisons usage de l'identité de Green qui permet de remplacer l'intégrale de la divergence d'un vecteur étendue à un volume par le flux total du vecteur au travers de la surface S qui limite le volume. g étant perpendiculaire à cette couche de niveau, on obtient l'équation de Poincaré ou de Gauss transformée

$$\int g\,dS = 4\,\pi\,K\,M - 2\,\omega^2\,V$$

vraie aussi sur S_t avec M_t.

Par l'intégration de l'équation de Poincaré, nous pouvons déterminer la valeur de la pesanteur sur l'axe polaire $g_p(t)$, valeur qui provient de l'attraction d'une sphère et d'une correction en première approximation.

$$g_p = KMt^{-2} + \omega^2\, g_p^1.$$

Tenons compte des valeurs (13) et (14) et intégrons sur la surface. En exprimant que g_p^1 ne peut pas croître avec t, on a la relation cherchée.

$$(16) \quad \boxed{\lambda = \frac{1}{2KM}} \quad \text{et (17)} \quad \boxed{g_p\,(t) = KMt^{-2} + \omega^2\, u\, t^{-4}.}$$

valeur de la pesanteur sur l'axe polaire.

Les formules (14, 15, 17) donnent la variation de g et la déviation de la verticale pour toute latitude et altitude.

Ainsi à l'approximation demandée, le produit $\omega^2 \lambda = \frac{\omega^2}{2gt^2}$. Posons $\Phi = \frac{\omega^2 t}{g}$ rapport de la force centrifuge à la pesanteur, mesure donnée par le pendule on obtient immédiatement l'importante relation de Clairaut :

$$(18) \quad \boxed{e + x = \frac{5}{2}\,\Phi.}$$

Les réseaux géodésiques font connaître e et t ; les mesures de pesanteur x et g et l'astronomie donne ω.

En outre (13) peut s'écrire $e = \frac{\omega^2}{2g}(t + ut^{-4})$.

En tenant compte des limites de u, on a les inégalités

$$(11) \quad \frac{\Phi}{2} \leqslant e \leqslant \frac{5}{4}\Phi \leqslant x \leqslant 2\Phi.$$

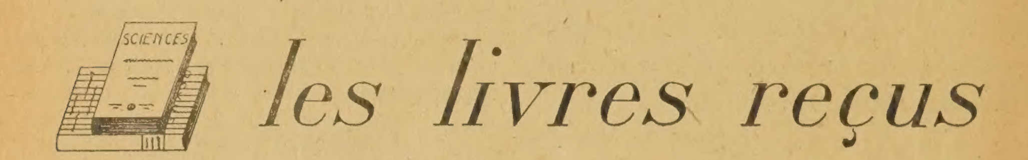
C'est une relation indépendante de la loi des densités à l'intérieur. Remarquons, sans nous y attarder, que ces limites étaient fort éloignées l'une de l'autre et donnaient pour l'inverse de l'aplatissement les nombre 230 et 57 et que les mesures géodésiques à l'époque étaient encore loin de tomber entre elles.

Notons encore sans développer les calculs qu'on obtiendrait facilement la relation qui lie la constante u à la différence des moments d'inertie $C\text{-}A = \frac{\omega^2}{3K}u$ qui conduit à l'équation de d'Alembert

$$(20) \quad C - A = \frac{2}{3}\,\frac{g}{K}\,t^4\left(e - \frac{1}{2}\Phi\right)$$

relation qui intervient dans la théorie de la précession des équinoxes. Nous ne développerons pas davantage ces calculs, notre but étant de retrouver d'une manière rapide les relations qui constituent les théorèmes de la géodésie supérieure en première approximation et ceci par la voie la plus géométrique possible à partir de la formule de Bruns.

J. Ruffet.



les livres reçus

ABELY (Dr Paul). — **Introduction à l'étude de l'endocrinopsychiatrie.** — (S. E. D. E. S., Paris.) 250 francs.

Amélioration du maïs. (Service de la Recherche agronomique, Rabat.)

Annuaire pour l'an 1949 du Bureau des Longitudes. (Gauthier-Villars, Paris.)

British Chemicals and their manufacturers 1949. (Assoc of British Chemical Manufacturers.)

Bulletin de l'Association technique maritime et aéronautique, n° 47, session 1948.

CARON (H.) et RAQUET (D.) — **Tableaux d'analyse chimique qualitative.** (Lib. Vuibert, Paris.) 350 francs.

CHAMPETIER (G.). — **Les molécules géantes et leurs applications.** (Albin Michel, Paris.) 720 francs.

CARLES (Jules). — **Géographie botanique** (Collection « Que sais-je ? », Presses Universitaires, Paris.) 91 francs.

COHEN (Morris R.) et DRABKIN (I. E.)). — **A source Book in Greek Science.** (McGraw Hill Co., Londres.) 49/6.

CONDIT (Ira J.). — **The Fig.** (Chronica Botanica, Waltham et Lib. Le Soudier, Paris.) $ 5.

CORNER (George W.). — **Les hormones dans la reproduction sexuelle.** (Editions Corréa, Paris.)

DARBON (André). — **La philosophie des mathématiques.** (Presses Universitaires, Paris.) 400 francs.

DEMANGEON (Albert). — **La France, 2e partie : France économique et humaine, second volume.** (Géographie Universelle P. Vidal de la Blache et Gallois, Lib. Armand Colin, Paris.) 2.200 francs broché.

DESTOUCHES (J. L.). — **La Mécanique ondulatoire.** (Collection « Que sais-je? », Presses Universitaires, Paris.) 91 francs.

DERIBERE (M. G.). — **L'Eléphant.** (Editions L. de Lannoy, Bruxelles.) 27 francs belges.

DOIGNON (P.). — **Le mésoclimat forestier de Fontainebleau.** (Centre régional de Recherches naturalistes, Fontainebleau.)

GHEORGHIV (C. V.). — **Coloranti organici.** (Revista Stiintifica V. Adamachi, Bucarest.)

GODEFROY (René) — **La Nature alpine.** (Presses Universitaires, Paris.) 750 francs.

GUILLIERMOND (Alexandre). — **The Cytoplasm of the plant cell.** (Chronica Botanica, Waltham et Lib. Le Soudier, Paris.) $ 5.

HARVEY (H. W.). — **Chimie et Biologie de l'eau de mer.** (Presses Universitaires, Paris) 480 francs.

HENDRICKX (Fred. L.). — **Sylloge Fungorum Congensium.** (Publication de l'I. N. E. A C.) 100 francs belges.

HEITLER. — **Eléments de Mécanique ondulatoire.** (Presses Universitaires, Paris.) 400 francs.

HOAGLAND (D. R.) — **Letures on the inorganic nutrition of plants.** (Chronica Botanica, Waltham et Lib. Le Soudier, Paris.) $ 4,50.

Isotopes (Les) Rapports et discussions — (Institut international de Chimie Solvay.)

JUNIOR GAUZIT. — **La vie et la mort des Etoiles.** (Collection « Que sais-je ? », Presses Universitaires, Paris.) 91 francs.

LAFFAY (Jean). — **Les Télécommunications.** (Collection « Que sais-je ? », Presses Universitaires, Paris.) 91 francs.

LUTZ (Louis). — **Traité de Cryptogamie.** (Masson, Paris.) 1.450 francs.

MacROBERT (I. M.). — **Spherical Harmonics.** (Methuen and Co., Ltd., Londres.) 22/6.

MATISSE (Georges). — **Le rameau vivant du Monde - II. Philosophie biologique.** (Presses Universitaires, Paris.) 600 francs.

PORCHER (P.). — **Précis de technique radiographique.** (Gauthier-Villars, Paris.) 3 300 francs.

SIVADJIAN (J.). — **La chimie des Vitamines et des Hormones. Tome I : La chimie des Vitamines.** (Gauthier-Villars, Paris.) 2 250 francs.

STOCKER (Dr A.). — **Le Traitement moral des Nerveux.** (Beauchesne, éd., Paris.)

Le domaine spectral compris entre l'infrarouge et les ondes ultrahertziennes

par Jean MEVEL
Faculté des Sciences de Rennes

INTRODUCTION

Le spectre électromagnétique présente, à la limite de séparation des régions infra-rouge et hertzienne, un domaine encore très peu connu, bien que présentant un intérêt théorique considérable. Il comprend les radiations de longueurs d'onde comprises entre 100 μ et 0,5 cm environ, ces limites étant d'ailleurs mal définies. Diverses recherches ont permis d'étudier les propriétés de quelques composés pour ces radiations. On peut en dégager une technique d'études assez particulière qu'il nous a semblé intéressant de résumer ici.

Il est bon de rappeler sommairement les principales étapes de la conquête de ce domaine. Cette révision nous permettra de souligner les difficultés particulières qui s'y rencontrent et d'en déduire les méthodes d'étude les plus intéressantes.

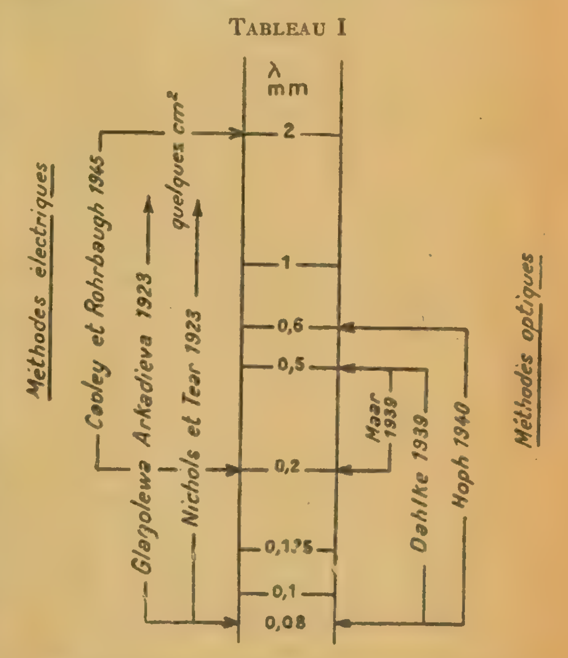
Tout d'abord, il est essentiel de bien se rendre compte que, placée à la limite de l'infra-rouge et du spectre hertzien, la région que nous étudions ici est un domaine de transition. Elle présentera donc des caractéristiques communes avec chacune de ces régions limites et les méthodes d'étude pourront se déduire par extrapolation de celles bien connues qui servent dans l'infra-rouge et jusqu'à un certain point de celles de l'Hertzien.

Ces propriétés de transition ont été mises à profit dès les premières recherches qui eurent pour but de faire la jonction entre les spectres infra-rouge et hertzien. Le problème fut attaqué par les deux bouts. D'un côté, Rubens et ses collaborateurs, partant de l'infra-rouge moyen, imaginaient des méthodes permettant d'obtenir des longueurs d'onde de plus en plus grandes. De l'autre côté, de nombreux chercheurs, parmi lesquels nous nous contenterons pour le moment de citer les deux principaux: Nichols et Tear, et Glagolewa-Arkadiewa, s'attachaient à perfectionner l'oscillateur de Hertz en vue de lui faire produire des ondes de plus en plus courtes. La conclusion de ces travaux a été de prouver la possibilité de rejoindre les deux spectres, cette jonction se faisant avec un recouvrement très important. Les difficultés sont néanmoins restées considérables ; c'est ce qui explique le faible nombre de recherches effectuées dans cette région.

Nous devons maintenant justifier la limitation — qui à première vue pourrait paraître quelque peu arbitraire — que nous avons fixée à notre domaine. Elle s'explique par des raisons uniquement techniques. Nous verrons, en effet, que si l'on dépasse tant soit peu les limites assignées, de nouvelles méthodes se présentent qu'il est impossible, par essence, d'extrapoler à notre région : telles sont les méthodes des guides d'ondes et de cavités utilisées dans l'ultrahertzien centimétrique et millimétrique. Jusqu'à présent, il ne semble pas possible d'adapter sans modifications importantes ces méthodes à l'étude des ondes dont la longueur est de l'ordre d'une fraction de millimètre.

Le tableau ci-dessous résume les dates marquantes dans l'étude de l'infra-rouge lointain.

TABLEAU I



Dans la première partie de cet exposé, nous étudierons très brièvement trois méthodes

d'isolement « global » de l'infra-rouge lointain ; dans la deuxième partie, les méthodes de dispersion ; la troisième partie sera consacrée à l'étude des sources tant infra-rouge qu'hertziennes ; la quatrième partie traitera du problème des récepteurs. Nous examinerons enfin brièvement les résultats obtenus.

CHAPITRE PREMIER

TROIS METHODES GLOBALES D'ISOLEMENT DE L'INFRA-ROUGE LOINTAIN

Ces trois méthodes sont : les rayons restants, l'isolement focal, et l'isolement par filtres. Les deux premières, en plus de leur valeur théorique, sont intéressantes du point de vue historique, car ce sont elles qui ont permis les premières études sur l'infra-rouge lointain. Dans ce chapitre, nous étudierons brièvement chacune de ces méthodes, puis nous déterminerons les renseignements qu'elles ont permis d'obtenir.

A) Les rayons restants.

Si les radiations émises par une source à spectre continu viennent se réfléchir sur certains cristaux, on constate un maximum de l'intensité réfléchie pour certaines fréquences qui dépendent de la nature du cristal. Il en résulte qu'après un nombre suffisant de telles réflexions, la lumière ne contiendra plus — avec une intensité notable — que les fréquences privilégiées définies ci-dessus. Il est clair d'ailleurs que les Rayons restants ne sont pas de vrais rayons de lumière monochromatique, mais des bandes plus ou moins larges suivant le cristal employé et le nombre de réflexions. La fig. 1 représente le montage servant à les obtenir.

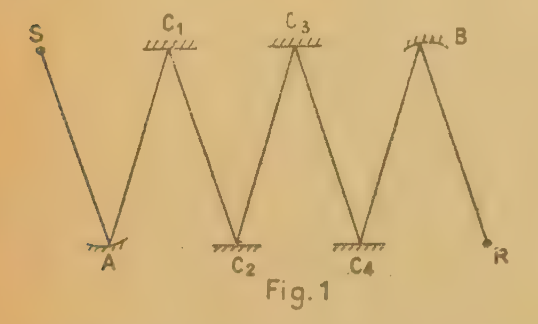


Fig. 1

Les rayons issus de la source S sont rendus parallèles par le miroir concave A, puis viennent se réfléchir sur les cristaux C_1, C_2... Le miroir concave B les fait converger sur le recepteur R.

Il nous a semblé nécessaire de citer cette méthode déjà classique, car elle est très intéressante du point de vue théorique, grâce aux nombreuses données qu'elle apporte sur la structure des cristaux [1].

B) L'isolement focal.

Cette méthode est également classique. Elle repose, en principe, sur la variation de l'indice du quartz avec la longueur d'onde de part et d'autre de la région d'absorption intense qui s'étend de 9 à 27 μ (fig. 2).

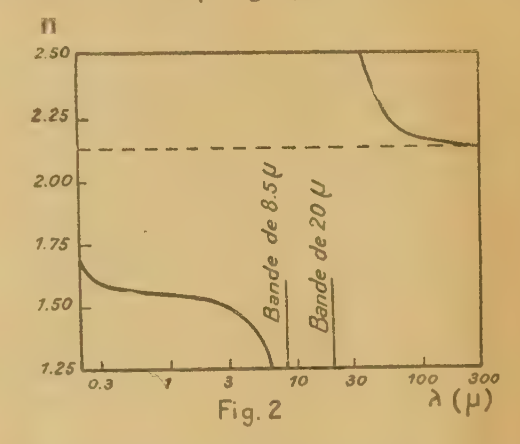


Fig. 2

Une lentille de quartz aura donc une distance focale bien plus faible pour les rayons infra-rouge de grande longueur d'onde que pour les autres. D'où le dispositif représenté ci-dessous.

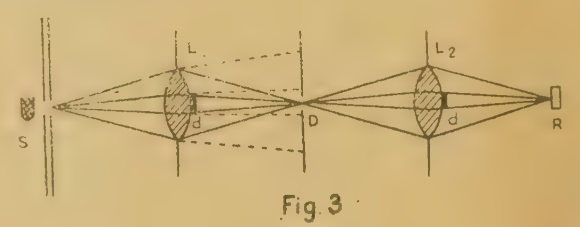


Fig. 3

Les deux lentilles de quartz L_1, L_2 identiques ont pour distances focales : pour le visible 27,3 cm, pour l'infra-rouge lointain 13 cm Disposées comme l'indique la figure, elles concentrent les rayons infra-rouges lointains émis par la source S d'abord sur le diaphragme D, puis sur R ; les rayons visibles et infra-rouges proches sont au contraire éliminés par les diaphragmes centraux *d* collés sur les lentilles. On isole ainsi un rayonnement très hétérogène qui a pour longueur d'onde moyenne 109 μ si la source est un bec Auer, et 314 μ environ si c'est un arc à vapeur de mercure.

(1) Pour tout ce qui concerne les Rayons Restants, consulter Parodi [44]. On trouvera également une étude antérieure détaillée dans Lecomte [31].

Ce dispositif a été imaginé et utilisé par Rubens et Wood [32] et Rubens et Von Baeyer [30] à la suite d'échecs subis lors d'essais ayant pour but la séparation de l'infra-rouge lointain à l'aide d'un spectromètre ordinaire [49]. Il est intéressant de noter que la même méthode avait servi à isoler des rayons ultra-violets de très courte longueur d'onde [33, 34].

C) Isolement par filtres.

L'un des principaux résultats que la méthode d'isolement focal avait fourni à Rubens était la grande transparence du papier noir et de la paraffine pour les rayons infra-rouges de très grande longueur d'onde. On sait qu'au contraire le papier noir arrête intégralement l'infra-rouge proche tandis que la paraffine l'affaiblit considérablement par diffusion. Se basant sur ces données, Dahlke [14] a imaginé de séparer l'infra-rouge lointain par filtrage du rayonnement d'une source à spectre continu.

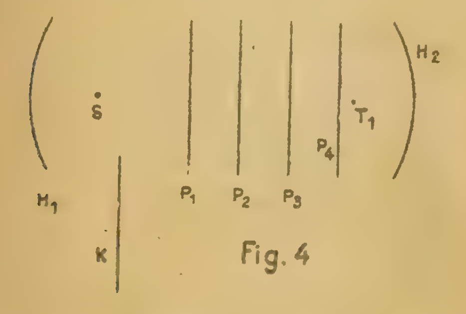


Fig. 4

L'appareillage qu'il a utilisé à cet effet est représenté fig. 4. La source S (arc à vapeur de mercure) est placée au foyer d'un miroir parabolique H_1 de 25 cm de diamètre d'ouverture et de 13 cm de distance focale. Le faisceau de rayons parallèles ainsi formé rencontre une série de trois filtres de papier noir P_1, P_2, P_3, puis un filtre de paraffine P_4 de 1 mm d'épaisseur. Le faisceau rencontre alors un second miroir parabolique concave H_2 qui le concentre sur le récepteur Th. Un écran métallique amovible K permettait de reprendre le zéro du galvanomètre après chaque mesure.

D) Utilisation pratique des méthodes d'étude précédentes.

Les méthodes décrites ci-dessus présentent divers inconvénients qui limitent considérablement leur champ d'application. Les rayons restants ne donnent que des points isolés du spectre. Les deux autres méthodes ne fournissent que des faisceaux de constitution spectrale complexe et les résultats obtenus restent très difficiles à interpréter. Nous résumons ci-dessous les principales caractéristiques des appareillages employés.

La méthode des rayons restants présente surtout un intérêt théorique au point de vue structure moléculaire.

Méthode	Source	Récepteur
Rayons restants (Parodi)	Bec Auer Globar	Radiomicromètre
Isolement focal (Rubens)	Bec Auer Arc à vapeur de mercure à basse pression	Radiomicromètre
Isolement par filtres	Arc à vapeur de mercure à haute pression	Thermophile linéaire de Moll [26] Galvanomètre Zernike Zc

Dans des recherches récentes, que nous aurons d'ailleurs l'occasion de retrouver plus loin, la méthode d'isolement focal a été employée pour assurer une première élimination des radiations infra-rouges proches avant dispersion dans le spectromètre ; cet emploi semble actuellement abandonné. Plusieurs raisons justifient cette défaveur :

1° Pour les rayons de grande longueur d'onde, l'indice du quartz est très fort, sa dispersion faible. Il en résulte des aberrations sphériques considérables et un pouvoir réflecteur exagéré. Ces deux causes conduisent à des pertes de lumière. Les systèmes optiques obtenus sont très peu clairs.

2° Le foyer lointain est très éloigné du foyer visible ; la mise au point devant se faire sur des radiations invisibles est donc pénible et aléatoire.

Au contraire, l'isolement par filtres est universellement adopté, même dans les appareils qui emploient l'isolement focal. Les avantages sur ce dernier sont considérables : facilité de mise au point, (que l'on peut faire en lumière visible avant interposition de filtres), possibilité d'emploi de miroirs à grande ouverture.

Signalons pour terminer que des études d'absorption de HCl gazeux à diverses pressions ont été réalisées au moyen des radiations complexes obtenues par isolement focal [19].

E) Renseignements fournis par ces trois méthodes.

Nous laisserons de côté la méthode des rayons restants pour les raisons que nous avons exposées ci-dessus. Il ne sera donc question que des deux dernières méthodes. Les renseignements obtenus sont de deux sortes ; ils ont pour objet : 1° le comportement des

sources ; 2° la transparence des différents corps pour le rayonnement *global*.

L'étude des sources est due principalement à Dahlke. Nous exposerons au chapitre III les résultats qu'il a obtenus. Les résultats concernant la transparence globale furent longtemps les seuls que l'on posséda sur les propriétés des corps pour ces grandes longueurs d'onde. Les résultats plus modernes concernant les courbes spectrales de transmission leur ont fait perdre une partie de leur intérêt. Nous citerons cependant quelques résultats typiques, extraits d'un mémoire de Rubens et Von Bäyer [50].

SUBSTANCE	d mm.	D 1%	D 2%	D 3%	D 4%
Quartz cristallisé	41.7	12.1	25.4	51.8	58.9
Quartz amorphe	2.00	12.5	24.2	—	60.0
Fluorine	0.59	5.3	19.4	39.5	42.2
Sel gemme ..	1.29	0.5	5.7	16.5	22.5
Sylvine	2.10	0	3.6	11.7	16.7
Sélénium ..	1.26	45.3	64.5	—	—
Diamant ..	0.52	6.8	12.9	24.2	—
Mica	0.055	16.6	38.8	51.5	55.0
Verre	0.18	2.1	9.0	21.1	25.9
Paraffine ..	3.03	57.0	72.3	82.5	85.5
Ebonite	0.40	39 0	51.5	58.8	65.3
Ambre	1.28	11.2	16.4	32.2	34.8
Bois de noisetier	1.80	0.7	2.9	10.0	—
Papier noir..	0.11	33.5	52.4	78.5	79.0
Carton noir..	0.38	2.1	11.7	29.8	36.7
Celluloïd ..	0.26	16.2	27.6	38.7	43.5
Eau	0.019	—	55.5	60.3	62.7
	0.038	20.0	33.0	38.4	39.8

Dans le tableau ci-dessus, *d* mm représente l'épaisseur de substance absorbante exprimée en millimètres. Les indications suivantes donnent les transparences de ces mêmes substances pour des rayons isolés au moyen de lentilles de quartz : D_1, à partir du bec Auer ; D_2, à partir de l'arc à vapeur de mercure ; D_3, pour des rayons de l'arc à vapeur de mercure isolés par lentilles de quartz puis filtrés par une lame de quartz amorphe de 2 mm. d'épaisseur ; D_4, pour les mêmes rayons filtrés par un papier noir de 0,35 mm d'épaisseur au lieu de quartz amorphe. Il est intéressant de remarquer que, lorsque l'on passe de D_1 à D_4, la longueur moyenne du rayonnement croît ; on voit qu'en même temps la transparence augmente.

CHAPITRE II

METHODES DE DISPERSION DANS L'INFRA-ROUGE LOINTAIN

L'appareillage comprend le plus souvent des spectromètres à réseaux : soit par transmission (réseau à fils), soit par réflexion (réseau échelette et lamellaire) ; il est d'ailleurs identique, à quelques détails près, à celui utilisé pour l'infra-rouge proche. On a employé également des procédés d'étude interférométriques.

I. — Réseaux par transmission.

Ces réseaux s'obtiennent en enroulant sur un cadre des fils métalliques de diamètre bien constant (ils ont été utilisés pour la première fois par Frauenhofer qui les a employés dans le visible). Leur méthode d'utilisation est identique à celle du visible.

La figure ci-dessous représente le schéma d'un spectromètre pour l'infra-rouge lointain utilisant un tel réseau de transmission. Le miroir condenseur M_1 forme de la source S une image sur la fente d'entrée F_1. Les radiations émergentes frappent ensuite le miroir collimateur C_1, qui les renvoie, parallèles, sur le réseau R. Le miroir C_2 fait converger les radiations diffractées sur la fente de sortie F_2. Enfin, le miroir M_2 fait converger sur le récepteur T les rayons émergeant de cette dernière fente. Une série de filtres disposés en différents points du trajet permet d'éliminer les rayons infra-rouges proches.

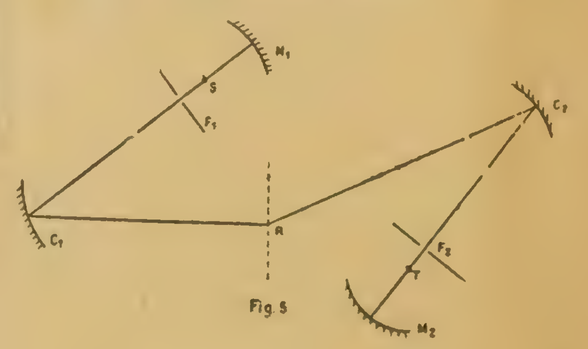


Fig. 5

Cette méthode est la première qui ait été utilisée dans le domaine de l'infra-rouge de grande longueur d'onde. Nous citerons en particulier les travaux de Rubens [48], Witt [63], Leiss [32], et, tout récemment, de Cooley et Rohrbaugh [12].

Avantages et inconvénients du procédé.

Tout d'abord, nous noterons un avantage très important : la réponse du réseau est uniforme ; autrement dit, pour une longueur d'onde donnée, la déviation de l'instrument de mesure est uniquement fonction de l'intensité de la source pour cette longueur d'onde. Au contraire, nous verrons que, pour certains types de réseaux par réflexion, la structure du réseau conduit à la formation de véritables

accumulations de lumière au voisinage de certaines longueurs d'onde favorisées. (Dans ce cas, les courbes relevées au spectromètre ne représentent plus exactement la répartition des énergies lumineuses dans la lumière incidente.)

Malheureusement, cet avantage constitue en lui-même un inconvénient : la lumière n'étant pas concentrée dans certains spectres privilégiés (ou dans certaines régions privilégiées d'un même spectre) est dispersée dans un grand nombre de spectres partiels. La « clarté » du spectromètre sera donc faible. Notons toutefois que si le diamètre des fils est égal à leur intervalle, tous les spectres d'ordre pair sont supprimés. La lumière est alors dispersée en un moins grand nombre de spectres, le réseau est plus lumineux. Un autre inconvénient résulte du fait que les rayons de l'infra-rouge proche subissent facilement la réflexion spéculaire sur les fils qui, de plus, les diffusent. Les résultats risquent donc d'être faussés par la présence d'infra-rouge proche dans le spectre. (Il ne faut pas oublier que dans les radiations incidentes non filtrées, l'infra-rouge proche est plusieurs milliers de fois plus intense que l'infra-rouge lointain.)

En résumé, nous pouvons donc citer comme avantages et inconvénients des spectromètres avec réseaux à fils :

Avantages. — Réponse uniforme; facilité de construction.

Inconvénients. — Faible luminosité; présence d'infra-rouge proche dans le spectre.

Nous devons d'ailleurs signaler que Cooley et Rohrbaugh ont utilisé des réseaux à fils spéciaux destinés à éviter la présence d'infra-rouge proche dans le spectre [12]. Ils ne donnent d'ailleurs pas de détail précis sur la méthode de construction.

II. — Réseaux par réflexion.

On a surtout utilisé trois types principaux de réseaux par réflexion :

1° Le réseau échelette de Wood [57, 58, 59, 64, 65, 3].

2° Le réseau lamellaire [9, 23, 38].

3° Le réseau à réponse uniforme de Koch [27].

Les deux premiers produisent une concentration de lumière dans certains spectres ou régions de spectres; le dernier, au contraire, à réponse uniforme, sert d'appareil d'étalonnage. Nous ne pouvons revenir ici sur les propriétés de ces réseaux, nous contentant de citer une partie de l'importante bibliographie qui leur a été consacrée. [57, 58, 59, 64, 65, 3, 9, 23, 38, 27]

Le montage des spectromètres est à peu près identique à celui utilisé dans l'infra-rouge proche. Deux types d'appareils ont surtout été employés : le montage ordinaire et le montage autocollimateur.

A. — *Montage ordinaire* [11, 13].

Dans ce montage, les miroirs collimateur H_1 et de chambre H_2 sont distincts. Le miroir concave M_1 forme une image de la source S sur la fente d'entrée F_1. Cette fente est dans le plan focal du miroir H_1 qui rend parallèles les radiations issues de F_1 et les renvoie sur le réseau R. Les rayons diffractés par ce réseau sont concentrés par le miroir H_2 sur la fente de sortie F_2. Les rayons issus de F_2 sont à leur tour concentrés par le miroir M_2 sur le récepteur T. Bien entendu, tout un système de filtres est employé pour éliminer l'infra-rouge proche.

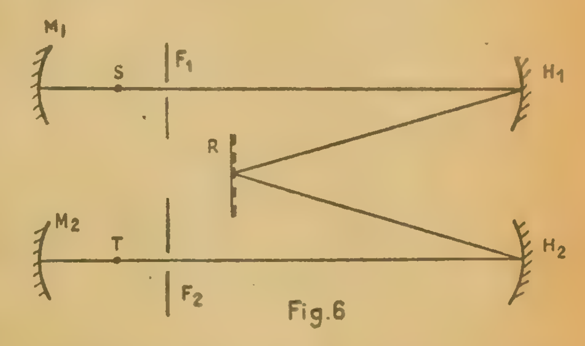


Fig. 6

La figure ci-dessus représente le montage effectué par Cartwright et Czerny, montage qui a servi de modèle à beaucoup d'études récentes sur ce sujet.

B. — *Montage autocollimateur* [25, 27, 37].

Ici, les miroirs collimateur et de chambre sont confondus (H). Les radiations issues de la source S sont concentrées par le miroir concave M_1 sur la fente d'entrée F_1. Les radiations issues de F_1 frappent le miroir H qui les renvoie, parallèles, sur le réseau R; les rayons diffractés repris par H sont concentrés sur la fente de sortie F_2 voisine de F_1. Les rayons issus de F_2 sont déviés par le miroir plan *m*

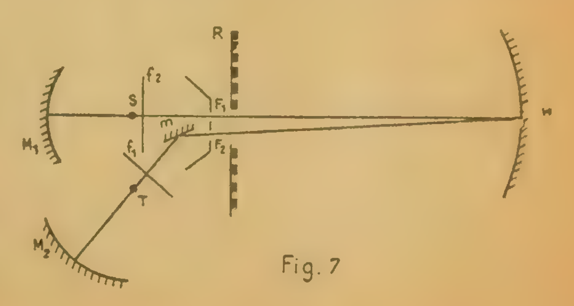


Fig. 7

et frappent le condenseur M_2 qui les concentre sur le récepteur T. Le système de filtres f_1, f_2, ..., sert à éliminer l'infra-rouge proche.

La figure 7 ci-dessus est extraite d'un mémoire de Hopf [25] qui, le premier à notre connaissance, a appliqué le principe du spectromètre autocollimateur à l'étude de l'infra-rouge lointain.

Pour terminer, nous ferons remarquer que certains auteurs ont utilisé des méthodes spéciales d'élimination de l'infra-rouge qui aurait pu passer à travers les filtres. Au lieu d'employer un miroir condenseur M pour concentrer les rayons de la source sur la face d'entrée, Koch [27] et Maar [37] ont utilisé une lentille de quartz avec diaphragme central disposé comme pour l'isolement focal. Il semble d'ailleurs que cette disposition se soit avérée inutile (Hopf [25]).

Discussion générale des propriétés à exiger d'un spectromètre pour l'infra-rouge lointain

La principale difficulté rencontrée dans l'étude de l'infra-rouge lointain vient de la faiblesse des énergies mises en jeu. Il faudra donc, de toute nécessité, réaliser un spectromètre aussi lumineux que possible. Nous verrons, en effet, que, jusqu'à présent, l'on n'a pas su réaliser des sources intenses ni des récepteurs très sensibles. Il nous reste donc ce seul facteur de la clarté de l'instrument à perfectionner. C'est ce que Hopf a essayé de réaliser de plusieurs manières différentes :

1° On peut, pour augmenter la quantité de lumière transmise, accroître l'ouverture numérique des miroirs utilisés. Mais ceci ne va pas sans difficulté, les aberrations géométriques des miroirs (qui croissent en même temps) intervenant pour disperser la lumière au lieu de la concentrer dans une seule image bien définie. En général, les ouvertures numériques utilisées ont été inférieures à 1/2. Néanmoins, Cooley et Rohrbaugh ont été jusqu'à 1/1.

2° On peut également augmenter la quantité de lumière transmise par un spectromètre en accroissant toutes ses dimensions dans un rapport donné, sauf, bien entendu, le pas du réseau. De cette manière, on est conduit à travailler avec des spectromètres de grandes dimensions ; il est courant d'utiliser des faisceaux de 20 × 20 cm de section.

Il nous semble utile de résumer ci-dessous les caractéristiques des principaux spectromètres utilisés jusqu'à ce jour.

Nature des filtres utilisés :

Les différents auteurs ont utilisé différents types de filtres :

Papier noir ou paraffine en couches de 1 mm (ou plus), ou sélénium rouge sur film plastique mince (Cooley et Rohrbaugh [12]).

En plus du papier noir et de la paraffine, Koch utilisait un filtre formé par la superposition de trois films minces de laque Zapon, recouverts d'une couche de quelques microns d'épaisseur de Chlorure, de Bromure de Sodium et de Chlorure de Cœsium respectivement. (Ces différentes couches s'obtiennent par vaporisation cathodique.)

III. Procédés d'étude interférométriques.

A cause de la faiblesse considérable de l'énergie mise en jeu, certains auteurs ont

Caractéristiques des principaux spectromètres pour l'infra-rouge lointain.

Auteur	Type	Fentes	Miroirs	Condenseurs	Remarques
Hopf [25]	Autocollimateur Ouverture 1/2,5	Largeur 1 ou 0.5 cm. Hauteur 4 cm.	f = 60 cm. φ = 25 cm. Sphériques	f = 13 cm. φ = 25 cm. Paraboliques	Le sommet du miroir est rendu non réfléchissant pour éviter la propagation de l'infrarouge proche.
Maar [37]	Ordinaire Ouverture 1/2	Entrée 3×20 mm. Sortie 3×30 mm.	f = 25 cm. φ = 11,5 cm. Sphériques	Lentilles de quartz	Pas de condenseur de sortie, le récepteur est placé directement derrière la fente.
Cartwright Czerny [11] Koch [27]	Ordinaire	Largeur Entrée 4 mm. Sortie 3 mm.	f = 50 cm. φ = 15 cm.	Entrée Lentille de quartz Miroir	Caractéristiques de la lentille de quartz f_D : 25 cm. f IR : 11,5 cm. D = 10 cm.
Cooley et Rohrbaugh [12]	Ouverture 1/1	?	f = 20 cm. φ = 20 cm. Paraboliques		Intervalle d'utilisation 200 μ - 2 mm. Largeur des fentes dans le spectre 70 et 140 μ à 600 μ

essayé d'étudier les rayonnements de grande longueur d'onde au moyen d'interféromètres. Le procédé ne semble guère intéressant, sauf dans certains cas particuliers (par exemple, étude du rayonnement monochromatique émis par un dipôle de Hertz unique). On a surtout utilisé deux types différents d'interféromètres :

1° L'appareil de Pérot et Fabry (muni de lames de quartz au lieu de lames de verre semi-platinées). C'est cet instrument qui a servi à Rubens pour ses études sur l'isolement focal. Il avait été construit par Rubens et Hollnagel [51], en vue d'études sur les rayons restants.

2° L'appareil à miroirs de Boltzmann. Ce dernier appareil a été souvent employé pour l'étude du spectre hertzien de courte longueur d'onde. (En particulier par Nichols et Tear [42].)

CHAPITRE III

ETUDE DES SOURCES

Nous diviserons les sources en deux classes : les sources « optiques » et les sources « hertziennes ». Nous traiterons séparément différents autres procédés utilisés pour l'obtention des courtes longueurs d'onde hertziennes.

A) Sources optiques.

Jusque vers 100 μ, on peut utiliser le bec Auer; au delà, son rayonnement devient rapidement très faible. Nous pensons, d'ailleurs, que cette diminution est plus apparente que réelle : le bec, qui est chauffé au gaz, se trouve en effet dans une atmosphère de vapeur d'eau qui est très absorbante pour l'infra-rouge lointain et pourrait bien être cause de la diminution d'énergie observée. Il semble qu'il y aurait intérêt à reprendre l'étude de cette source en la chauffant électriquement.

Le Globar, utilisé jusque vers 100 μ, ne semble pas donner de résultats intéressants au delà.

La meilleure source a été, jusqu'à présent, l'arc électrique jaillissant dans une vapeur métallique incandescente. On utilise le plus généralement l'arc à vapeur de mercure. Nous allons étudier ses principales propriétés.

Origine de l'émission de l'arc à vapeur de mercure dans l'infra-rouge lointain.

Dès les premières études sur l'émission de l'arc à vapeur de mercure dans l'infra-rouge lointain, Rubens a constaté que l'émission était sensiblement continue, mais présentait deux maxima d'intensité pour les longueurs d'onde de 220 μ et 320 μ respectivement. Les figures 9 et 10 ci-après représentent les courbes spectrales de cette émission, d'après les recherches les plus récentes.

D'une étude d'ensemble due à Dahlke [16], il semble résulter que l'on n'est pas très exactement fixé sur l'origine de ces radiations de grande longueur d'onde. Plusieurs auteurs l'ont attribuée à des causes nettement différentes :

Franck et Grotrian [20] l'attribuent à la rotation de la molécule Hg_2. L'existence de cette molécule a été déduite depuis de l'étude des bandes visibles et ultra-violettes de la vapeur de mercure. Il semble toutefois qu'étant symétrique, elle devrait être inactive en infrarouge.

Kroebel [28] pense à l'existence possible d'états métastables des atomes de mercure excités par la décharge.

Steenbeck [55], étudiant les oscillations de plasma de différents arcs à vapeur de mercure à haute pression, arrive à conclure que ces oscillations doivent produire un rayonnement situé précisément dans le domaine infra-rouge lointain que nous étudions.

Dahlke, enfin, essaie d'appliquer à ces radiations les lois du rayonnement du corps noir. Il utilise la loi de Lord Rayleigh, approximation très légitime vue la grande longueur d'onde. Il a beaucoup étudié cette question [15, 16], et a trouvé toute une série de formules théoriques régissant ces radiations; il présente, de plus, un assez grand nombre de faits expérimentaux qui semblent les confirmer. D'après lui, les deux maxima spectraux à 220 μ et 320 μ ne seraient qu'apparents. L'émission de la vapeur de mercure serait continue, et les minima seraient produits par l'absorption de la vapeur d'eau atmosphérique. En effet, les prévisions théoriques font attribuer à la vapeur d'eau un spectre de rotation pure présentant de nombreuses raies dans cette région; vue la faible dispersion des spectrographes utilisés, ces bandes se traduisent par de larges régions d'absorption, expliquant l'aspect observé pour le pseudo-spectre d'émission de la vapeur de mercure.

Hopf [25] a admis ce point de vue. Nous extrayons de son mémoire la figure 8, qui représente d'une part le spectre d'émission de l'arc à vapeur de mercure, d'autre part les bandes d'absorption de la vapeur d'eau d'après Dahlke [16]. Les longueurs des traits représentent les intensités des raies. Les données qui ont servi de base au calcul de ces bandes ont été fournies par un mémoire de Randall, Dennison, Ginsburg et Weber [44].

Nous allons maintenant énoncer rapidement les faits expérimentaux et théoriques qui semblent appuyer cette hypothèse :

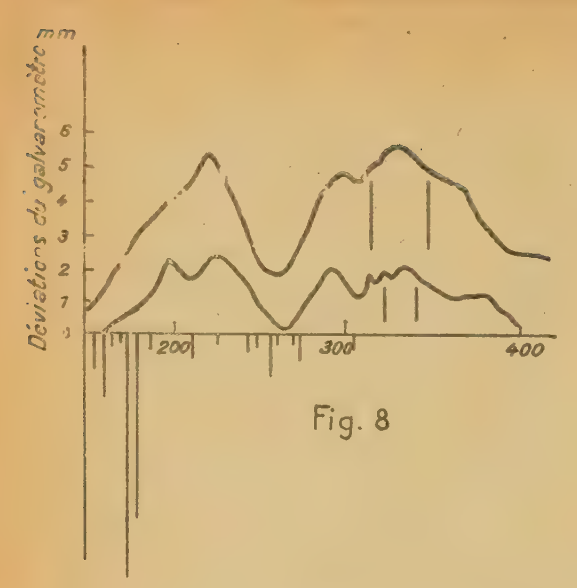


Fig. 8

Les courbes supérieures représentent le spectre de l'arc à mercure avec des largeurs de fente représentées en λ par les traits.
Les courbes inférieures représentent les raies de rotation de H2O (Intensité proportionnelle à la longueur des traits.

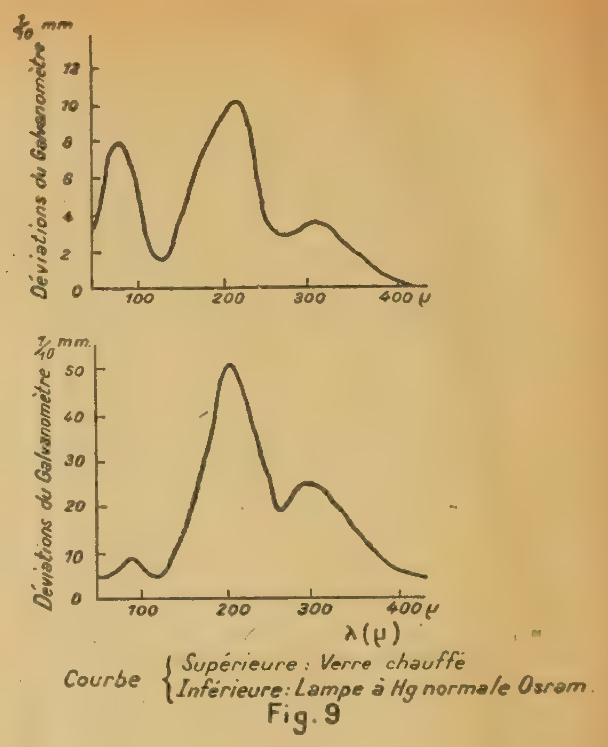


Fig. 9

1° Le spectre obtenu en prenant comme source un bâton de verre ou de quartz chauffé d'une manière quelconque à une température suffisante est analogue à celui de la lampe à vapeur de mercure, ainsi que l'on pourra s'en rendre compte par l'examen des courbes ci-jointes (fig. 9).

2° Les spectres obtenus en prenant comme source des arcs jaillissant entre des électrodes faites avec des métaux différents sont très semblables. L'étude a été faite par Dahlke [16] (courbes fig. 10). Les arcs avaient été préparés selon la méthode mise au point par Wenck [61].

3° Les répartitions d'intensité des radiations, ainsi que l'action de l'intensité du courant passant dans l'arc sur l'intensité de ces

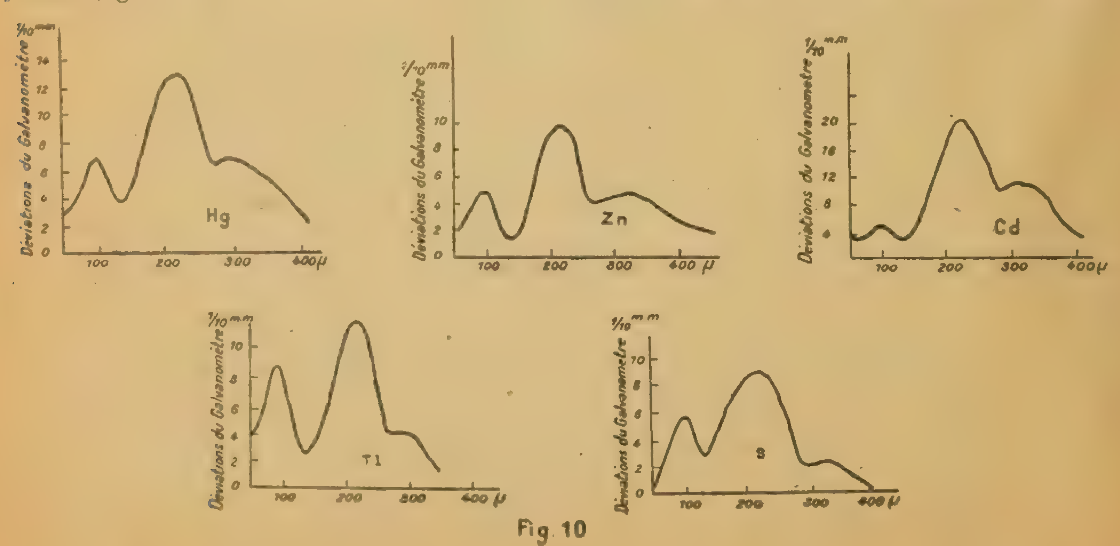


Fig. 10

radiations peut être prévue d'une façon très satisfaisante à partir de l'équation de Lord Rayleigh.

Comme conclusion à ce qui précède, il semble que l'on puisse admettre, pour le calcul approché des propriétés du rayonnement de grande longueur d'onde émis par une lampe à vapeur de mercure, que celle-ci se comporte comme un corps noir ayant pour dimensions géométriques les dimensions internes de la lampe et dont on peut calculer la température T. Le calcul a été fait par Dahlke en se basant sur les données de Elenbaas et Uyterhoeven [17, 60]. Les résultats généraux sont les suivants :

La température maximum d'un arc à vapeur de mercure à pression relativement forte est donnée par la formule

$$T = 6025 \left(\frac{L}{8{,}75 + 5{,}75\, m}\right)^{0{,}1}$$

Dans cette expression, T représente la température maximum en degrés absolus, L la puissance électrique consommée dans l'arc (exprimée en watts par centimètre de longueur de l'arc). Dahlke pose ensuite comme hypothèse supplémentaire que l'arc à vapeur de mercure présente, suivant son axe, une ligne où la température est maximum. Celle-ci décroît ensuite uniformément jusqu'à la paroi qui forme une enceinte isotherme. C'est à partir de cette hypothèse qu'il montre que l'arc rayonne comme un corps noir ayant pour dimensions géométriques les dimensions intérieures du tube à décharge et pour température la température moyenne interne. Il faut remarquer que l'hypothèse faite n'est valable que si l'arc présente une symétrie complète : électrodes symétriques, volume interne cylindrique.

Les calculs ont été menés jusqu'au bout dans le cas de la lampe à vapeur de mercure normale d'Osram, très employée par les auteurs. On a trouvé les résultats suivants :

T maximum		6000°K
T moyen	calculé	3000°K
	observé	4000°K (Dahlke)
		2500°K (Koch)

En pratique, d'ailleurs, l'absorption des parois de quartz, dont la transparence n'est que de 70 % pour l'ensemble des radiations comprises entre 150 et 400 μ, fait que la température équivalente du corps noir est encore bien inférieure à ces chiffres. On trouve ainsi 1500°K seulement pour la lampe Osram. L'intensité globale du rayonnement émis atteint en moyenne 10^{-2} watts. Ce résultat (dû aux calculs) est en bon accord avec les résultats expérimentaux.

B) Sources électriques.

Depuis la découverte fondamentale de Hertz (effectuée comme on le sait en ondes décimétriques), très nombreux ont été les essais tendant à l'obtention d'ondes électromagnétiques de plus en plus courtes. Le problème a été résolu, du moins pour les longueurs d'onde supérieures au centimètre au moyen de tubes électroniques spéciaux. Mais, jusqu'à présent, ceux-ci n'ont pu être appliqués à l'obtention d'ondes plus courtes que 5 mm environ. On est donc encore obligé, pour exciter ces ondes, d'utiliser la méthode du doublet de Hertz, plus ou moins modifiée.

La longueur d'onde sur laquelle résonne un doublet est fonction de sa longueur. Pour obtenir des ondes de plus en plus courtes, il suffira donc de diminuer de plus en plus les dimensions du doublet. Malheureusement une double difficulté surgit : *a*) Tout d'abord la puissance que peut rayonner un doublet décroît très rapidement avec ses dimensions ; *b*) Dans la région du décimètre la longueur d'onde émise décroît proportionnellement à la longueur du doublet, mais si l'on atteint la région millimétrique, cette longueur d'onde diminue bien moins rapidement. Les doublets deviennent rapidement trop petits pour être maniables.

Nichols et Tear [42] qui utilisaient de petits doublets, sertis dans des tubes de verre et refroidis par immersion dans du pétrole, ont réussi par des prodiges d'habileté à réduire les dimensions des fils jusqu'à 0,1 mm de long et 0,1 mm de diamètre. Ils ont ainsi réussi à obtenir des ondes ayant jusqu'à 150 μ de longueur d'onde, mais avec une intensité très faible.

Pour augmenter l'intensité, différents auteurs : Lewitski [36], Laski [30], ont eu l'idée d'associer toute une série de doublets. Ceci a d'ailleurs été repris récemment (dans un but tout différent) en utilisant comme doublets de très petites billes d'acier excitées en séries parallèles [40]. Mais le pas définitif a été franchi par Glagoleva-Arkadieva qui, dans une série de mémoires, a décrit une méthode relativement simple d'émission de rayonnement électromagnétique de très courte longueur d'onde : Dans une cuve contenant de la limaille métallique en suspension dans l'huile (constamment agitée par l'agitateur A plonge, par son bord inférieur, une roue d'ébonite R (fig. 11). Lorsque la roue tourne, elle entraîne sur sa périphérie une couche d'huile ayant en suspension de nombreuses parcelles métalliques. Les deux électrodes E_1, E_2 plongent dans le film d'huile et permettent de faire éclater au sein du mélange les étincelles d'une puissante bobine

d'induction. Dans ces conditions, tout ensemble de deux grains de limaille se conduit comme un doublet et rayonne une onde électromagnétique de courte longueur d'onde.

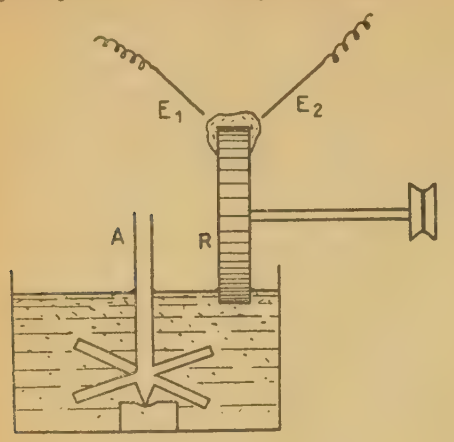


FIG. 11

Transparence de NaCl. — Plaques de sel gemme
A = épaisseur 97 μ — B = épaisseur 237 μ

Le procédé semble bien plus intéressant que le précédent, tout au moins pour les ondes comprises entre 200 μ et 2 mm. Il a été récemment repris et modernisé par Cooley et Rohrbaugh [12]. Les principales innovations sont les suivantes : *a*) Remplacement de la bobine par un générateur d'impulsions, ceci pour améliorer à la fois puissance et stabilité ; *b*) Emploi d'un spectromètre à réseau comme séparateur de radiations à la place de l'interféromètre qu'utilisait Glagoleva-Arkadieva ; *c*) Emploi d'un thermocouple spécial relié à un galvanomètre à cadre mobile muni d'un système amplificateur de déviations au lieu du galvanomètre à aimant mobile des premiers travaux.

Dans ces conditions, Cooley et Rohrbaugh se déclarent capables d'obtenir des spectres d'absorption d'une façon continue entre 200 μ et 2.000 μ, ce qui est vraiment très remarquable. Malheureusement les renseignements qu'ils donnent sur leur technique opératoire sont très fragmentaires et incomplets.

Nous ne pouvons donner ici d'étude des conditions de fonctionnement du radiateur étudié. La théorie complète n'en a d'ailleurs pas été faite. Quelques résultats sur la constitution spectrale du rayonnement ont été obtenus par Glagoleva-Arkadieva. Nous nous contenterons de nous y référer.

C) Autres sources.

Pour terminer, nous signalerons que différents auteurs prétendent avoir trouvé un moyen d'excitation du rayonnement infrarouge lointain. Il consiste à envoyer un faisceau d'électrons sur un oxyde alcalino-terreux déposé sur l'anticathode d'un tube à rayons X. Reposant sur l'oxyde, se trouve une grille très fine portée à un potentiel positif d'environ 300 volts par rapport à l'anticathode. Dans ces conditions on constaterait l'émission d'un rayonnement infra-rouge de longueur d'onde comprise entre 100 et 400 μ mais d'intensité extrêmement faible. C'est pourquoi le procédé ne s'est pas répandu.

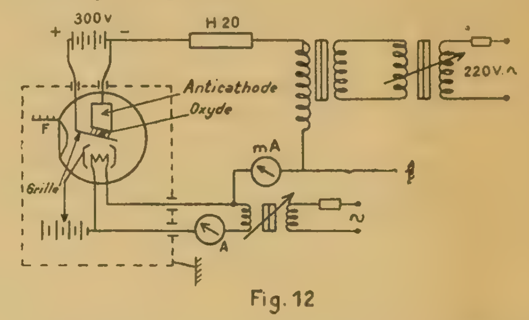


Fig. 12

L'origine du rayonnement est inconnue. Lewitskaia [35] pense à une oscillation des électrons analogue à celle qui se produit dans l'oscillateur à grille positive de Barkhausen. Voir aussi [18].

CHAPITRE IV

ETUDE DES RECEPTEURS

Théoriquement, tous les récepteurs thermiques peuvent être utilisés pour la détection de l'infra-rouge lointain. En fait, seuls les instruments les plus sensibles sont à retenir. Nous nous étendrons quelque peu sur la pile thermo-électrique, qui semble l'instrument le plus commode. Signalons de plus que l'on pourra trouver une étude très complète des récepteurs dans les publications de Lecomte [31].

Toute opération de détection thermique des radiations se ramène au schéma suivant : le rayonnement échauffe un récepteur qui l'absorbe, puis l'on mesure cet échauffement à

(1) *Procédés utilisés pour le noircissement des thermopiles.* — Les thermopiles destinées à la détection de l'infra-rouge proche sont noircies au noir de fumée. Mais ce corps n'est pas très absorbant pour l'infra-rouge lointain. Le rendement d'un tel récepteur sera donc très mauvais. C'est ce que Rubens a constaté dès ses premières recherches. Pour y remédier il a d'abord songé à utiliser des couches de plus en plus épaisses de noir de fumée; mais le rendement est cependant resté médiocre. Actuellement on a trouvé que le meilleur « corps noir » pour l'infra-rouge lointain est le verre en poudre très fine (27,6). Les dépôts sont obtenus soit par électrophorèse soit saupoudrage des soudures préalablement recouvertes d'une colle (gomme laque ou analogue) avec de la poudre de verre très finement pulvérisée. Des dépôts obtenus dans ces conditions sont très blancs au sens ordinaire du mot et n'absorbent pas l'infra-rouge proche. Par contre, leur rendement est satisfaisant en infra-rouge lointain.

l'aide d'un appareil thermométrique sensible.

L'absorption de ces radiations longues peut se faire de deux manières principales :

1° Les radiations sont absorbées par un corps « noir » pour elles, de la même façon que les radiations lumineuses sont absorbées par le noir de fumée. L'absorption de l'énergie qu'elles transportent produit l'échauffement du corps noir et du dispositif thermométrique qui lui est associé [1]

2° Les radiations sont envoyées sur un système de dipoles qu'elles font entrer en résonance, exactement de la même façon que les ondes radio ordinaire font vibrer les antennes. Les courants induits dans les dipoles les échauffent et l'on mesure cet échauffement.

Derrière ces couches absorbantes sont placés les appareils détecteurs des échauffements qui ne sont pas différents de ceux utilisés dans l'infra-rouge proche. Nous nous contenterons d'en dire quelques mots, renvoyant, pour tous détails, aux publications de Lecomte [31].

Radiomètre et Radiomicromètre. — Ce furent les premiers instruments utilisés pour l'étude de l'infra-rouge lointain. Ils sont, en effet, extrêmement sensibles. Néammoins ils présentent de grands inconvénients :

a) Ils doivent être installés à poste fixe dans des conditions de stabilité parfaite. D'où de sérieuses difficultés d'emploi sur un spectromètre. Ils sont de plus extrêmement sensibles aux radiations parasites et le seul fait d'éclairer le miroir mobile peut suffire à les faire dévier.

b) Le radiomètre est très sensible à la pression du gaz qui baigne ses palettes ; sa réalisation et son entretien sont de ce fait rendus très délicats.

c) Vu la faible résistance interne, le radiomicromètre est très lent. (Ceci peut d'ailleurs être un avantage, car l'instrument est peu sensible aux variations très rapides de l'intensité des sources.)

Le *Bolomètre* semble avoir été peu employé dans l'étude de l'infra-rouge lointain. Tout récemment de nouveaux modèles ont été mis au point, dont la grande sensibilité, ou le faible souffle, donne à ce détecteur un regain d'intérêt. Il s'agit en particulier :

a) Du Thermistor, bolomètre dont l'élément sensible est un corps semi-conducteur. Ces composés ont sur le platine l'avantage d'un coefficient de température nettement supérieur. Ils peuvent de plus avoir une constante de temps très faible, de l'ordre de quelques millièmes de seconde. Il est donc très facile de les employer en lumière modulée à l'entrée d'un amplificateur, selon la méthode maintenant classique pour l'infra-rouge proche [62].

b) Les bolomètres supraconducteurs, constitués par une couche très mince (épaisseur de l'ordre de quelques centaines d'angstroms) d'un métal (nickel, par exemple). Cette couche obtenue par projection sur un support plastique est ensuite disposée dans une enceinte suffisamment refroidie pour que le métal atteigne l'état supraconducteur. Dans ces conditions le bruit de souffle de l'appareil est assez faible pour permettre l'emploi devant un amplificateur sensible.

Les thermopiles. — Ces instruments ont été beaucoup utilisés, sans doute à cause de leur grande facilité d'emploi (car ils semblent légèrement moins sensibles que radiomètre ou radiomicromètre). Plusieurs types très différents ont été employés :

a) Thermopiles classiques. Nous voulons parler ici des thermopiles ordinaires obtenues par soudure de fils de deux métaux différents. Elles peuvent être très sensibles, mais sont généralement assez lentes, les périodes atteignant couramment quelques secondes. Elles ont donné lieu à de grandes discussions notamment au point de vue du nombre des soudures. Cartwright [10] a montré qu'il y a intérêt à le réduire au minimum, et en particulier à employer des thermopiles à une soudure.

b) Durant la guerre, des thermopiles spéciales à réponse très rapide et à très faible résistance interne ont été mises au point en Angleterre et en Amérique. Ces thermopiles sont généralement obtenues par projection de métaux sur support plastique ; leur constante de temps, extrêmement faible, permet leur emploi en lumière modulée, à l'entrée d'un amplificateur spécial [46]. Leur sensibilité est au moins égale à celle des thermopiles des types ci-dessus.

c) Signalons enfin que des thermopiles spéciales pour l'infra-rouge lointain et les ondes millimétriques ont été mises au point par Glagoleva-Arkadieva au cours de ses travaux. Elles sont constituées par des fils métalliques très fins tendus et soudés l'un à l'autre. Deux types de ces thermocouples sont représentés figure 13.

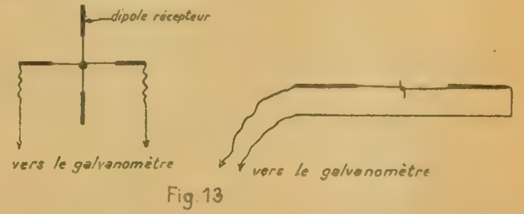


Fig 13

On voit que certains de ces thermocouples présentent, de part et d'autre de la soudure, deux petites barbes de fils. Ces petits conduc-

teurs constituent un dipole résonnant dans lequel circulent les courants induits par le champ électro-magnétique de l'onde à détecter. Il faut d'ailleurs noter que ce dipole est très peu résistant. Son amortissement est donc faible et il présente des fréquences de résonance privilégiées très marquées [21]. C'est un très grave inconvénient. Les premiers thermocouples construits de cette manière étaient placés dans l'air ; les modèles plus récents sont dans le vide.

S'apparentant étroitement en principe à ces thermocouples (bien que de réalisation différente), sont les thermocouples utilisés par Cooley et Rohrbaugh. Ils sont constitués par une thermopile classique de Czerny [13] ayant toutes ses soudures enduites d'un mélange à parties égales de noir de fumée et de poudre de liège couvert par évaporation cathodique d'une couche mince de tellure. Les petits morceaux de liège constituent de petits dipoles très résistants étant donnée la forte résistivité du tellure. Dans ces conditions les pointes de de résonnance sont très atténuées et l'appareil peut servir dans un large domaine de longueurs d'ondes.

Remarque. — Il faut noter que l'on ne peut parler de bolomètre ou de thermopile sans évoquer l'appareil de mesure qui en est inséparable. Ces appareils de mesure peuvent être de deux sortes : galvanomètres ou amplificateurs.

a) *Galvanomètres.*

Glagoleva-Arkadieva a utilisé le galvanomètre à aimant mobile (galvanomètre blindé de Dubois-Rubens). Malgré sa très grande sensibilité, cet instrument est maintenant totalement abandonné à cause des difficultés que pose son emploi.

Tous les instruments modernes sont du type à cadre mobile. Nous citerons en particulier le « Zernike Zc » très employé en Europe. Ces instruments sont moins sensibles que les appareils précédents. Mais étant beaucoup plus stables, ils permettent l'amplification des déviations, soit optiquement en plaçant l'échelle à très grande distance du galvanomètre, soit à l'aide d'un système de cellules photoélectriques actionnées par la lumière du spot du galvanomètre.

En tout cas, l'amplification maximum du galvanomètre est limitée par le mouvement brownien du cadre. Des études complètes de la sensibilité maximum ont été faites par Czerny [13] et Hochard [24].

b) *Amplificateurs.* [1]

Les premier essais d'amplification de courants faibles se sont heurtés à des difficultés considérables, toutes liées à l'existence du bruit de fond. Ce bruit qui augmente lorsque l'amplification croît, a pour effet de masquer complètement les signaux qui ont un niveau inférieur à son propre niveau ; ceci limite, par là même, l'amplification utile. Le bruit de fond a pour origine :

a) Le souffle des résistances : Il est dû au mouvement désordonné des électrons à l'intérieur des conducteurs. Son intensité est proportionnelle à la résistance et à la largeur de bande. Pour le réduire au minimum, il faudra donc utiliser : d'une part des thermopiles aussi peu résistantes que possible, d'autre part des amplificateurs accordés à bande passante étroite.

b) Le bruit des lampes : il est toujours bien supérieur au souffle des circuits. On atténuera ses effets nuisibles en n'envoyant sur les lampes que des signaux à tension aussi forte que possible. C'est pourquoi les thermopiles sont placées en série avec le primaire à faible résistance d'un transformateur à grand rapport.

Moyennant ces précautions les amplificateurs permettent de détecter des forces électromotrices aussi faibles que 5×10^{-10} volt. Ils ont de plus le grand avantage de ne pas présenter de dérive et surtout de ne pas nécessiter des supports spéciaux.

CHAPITRE V

CONCLUSION

Il est difficile de porter un jugement ayant quelque valeur sur l'ensemble des travaux effectués dans l'infra-rouge lointain. A notre connaissance, les plus récents sont ceux de Hopf ; ils concernent uniquement les bandes d'absorption de la vapeur d'eau et l'émission de l'arc à vapeur de mercure, problèmes qui, comme nous l'avons vu, sont inséparables. On peut classer en deux grandes époques l'ensemble des travaux effectués jusqu'à ce jour dans l'infra-rouge lointain :

a) Rubens et ses collaborateurs, vers 1921, travaux coïncidant avec les premières études de Glagoleva-Arkadieva. Ils permirent d'une part de mettre au point les procédés d'étude, d'autre part d'obtenir des spectres concernant un assez grand nombre de corps, en particulier des oxydes.

b) Les chercheurs qui ont repris récemment ces travaux sont assez nombreux. Citons, par exemple, Cartwright et Czerny, Maar, Koch,

1. Le problème du bruit dans les amplificateurs et les méthodes employées pour les diminuer sont décrits dans Valley et Wallmann : *Vacuum Tube Amplifiers* (Mac Graw Hill, éd., New-York).

Dahlke, Cooley et Rohrbaugh. Ils ont perfectionné les procédés de Rubens, notamment par l'emploi de réseaux spéciaux. Les résultats spectroscopiques sont relativement peu nombreux. Nous avons déjà cité l'étude de l'émission de la lampe à vapeur de mercure et de l'absorption de la vapeur d'eau.

Les autres résultats se rapportent à des isolants haute fréquence (O. Maar [37]), tels que l'oxyde de Beryllium BeO et les corps suivants : Tempa S., Trolitul, Calit, Hartgummi, mais le pouvoir séparateur est très faible.

Cartwright-Czerny ont étudié NaCl et KCl jusque des longueurs d'onde d'environ 240 μ (fig. 14).

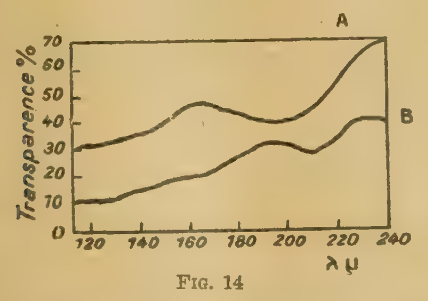


Fig. 14

Transparence de NaCl. — Plaques de sel gemme
A = épaisseur 97 μ — B = épaisseur 237 μ

D'autres résultats avaient été obtenus par Rubens et ses élèves ; on les trouvera rapportés dans le livre de Lecomte [31]. Leur faible précision les rend peu intéressants.

Tels sont les principaux résultats obtenus dans l'infra-rouge lointain, leur petit nombre est une preuve à la fois de l'intérêt des recherches dans cette région et également de leur difficulté.

J. Mevel.

BIBLIOGRAPHIE

1. Andrews, Milton et de Sorbo. — *J.O.S.A.*, 36, 518, 1946.
2. Babcock. — d°, 34, 1, 1944.
3. Badger. — d°, 15, 370, 1927.
4. Badger et Cartwright. — *Phys. Rev.*, 33, 693, 1929.
5. Baker et Robb. — *Rev. Sc. Instr.*, 16, 172 1945.
6. Bayle. — *Comm. Labor. Institut d'Optique*, 11 juillet 1944.
7. Becker, Green et Pearson. — *Trans. A.I.E.E.*, 65, 711, 1946.
8. Beckmann. — *National Technica' Laboratories Spectrophotomètre infra-rouge.*
9. Cartwright. — *J.O.S.A.*, 21, 785, 1931.
10. Cartwright. — *Zs. f. Phys.*, 92, 153, 1932.
11. Cartwright et Czerny. — *Zs. f. Phys.*, 90, 457, 1934.
12. Cooley et Rohrbaugh. — *Phys. Rev.*, 67, 296, 1945.
13. Czerny. — *Ann. Phys.*, 12, 993, 1932.
14. Dahlke. — *Zs. f. Phys.*, 114, 205, 1939.
15. Dahlke. — *Zs. f. Phys.*, 115, 1, 1940.
16. Dahlke. — *Zs. f. Phys.*, 114 672, 1939.
17. Elenbaas. — *Physica*, 1, 673, 1934 ; 2, 109 et 757, 1935.
18. Erb et Klumb. —
19. Finkelburg. — *Phys. Zts.*, 34, 529, 1933.
20. Franck et Grotrian. — *Zs. f. Phys.*, 4, 89, 1921.
21. Glacoleva Arkadieva. — *Nature*, 113, 640, 1920. — *Zs. f. Phys.*, 24 153, 1924. — 55, 233, 1929. — 68, 184 1929. — *Bull. Acad. Sc. U.R.S.S., série tech* 1, 45, 1938. — C. R., *Acad. Sc. U.R.S.S. XXXII*, 8, 1941, p. 540 et 543. — III, 6, 1934.
22. Harris. — *J.O.S.A.*, 36, 597, 1946.
23. Hellwege. — *Zs. f. Phys.*, 106, 588, 1937.
24. Hochard. — *Thèse Paris*, 1935.
25. Hopf. — *Zs. f. Phys.*, 116, 310, 1940.
26. Kipp et Zonen (Delft, Hollande). — *Galvanomètre Zernike Zc.* (catalogue).
27. Koch. — *Ann. Phys.*, 33, 335, 1938.
28. Kroebel. — *Zs. f. Phys.*, 50, 114, 1929.
29. Kussmann. — *Zs. f. Phys.*, 48, 831, 1928.
30. Laski. — *Zs. f. Phys.*, 10, 366, 1922.
31. Lecomte. — *Le spectre infra rouge*, Paris, Presses universitaires de France, 1928. — *Traité de Chimie organique de Grignard* t. 2, Paris, Masson. — *Revue Scientifique*, 2, 91, 1947. *Les applications de l'infra rouge*, Paris, Gauthier-Villars, 1948.
32. Leiss. — *Zs. f. Phys.*, 37, 581, 1926.
33. Lenard. — *Ann. Phys.*, 1, 486, 1900.
34. Lenard. — *Berichte der Heidelberg Akad.*, nov. 1910.
35. Lewitskaja. — *Phys. Zs., U.R.S.S.*, 1936 690.
36. Lewitski. — *Phys. Zs.*, 25, 107, 1924. — 27, 177, 1926.
37. Maar. — *Zs. f. Phys.*, 113, 415, 1939.
38. Mevel. — *Revue d'Optique*, 27, 661, 1948.
39. Milton. — *Chem. Rev.*, 39, 419, 1946.
40. Montani. — *Electronics*, sept. 1944, p. 114.
41. Moon et Mills. — *Rev. Sc. Instr.*, 6, 8, 1935.
42. Nichols et Tear. — *Phys. Rev.*, 21, 587, 1923. — *Proc. Nat. Acad. of Sc.*, 9, 211, 1923. — *Astr. Journ.* 61 17, 1925.
43. Parodi. — *Thèse*, Paris, Hermann 1938.
44. Randall, Dennison, Ginsburg et Weber. — *Phys. Rev.*, 52, 160 1937.
45. Roess. — *Rev. of Sc. Instr.*, 16, 172, 1945.
46. Roess et Dacus. — *Rev. of Sc. Instr.*, 16, 164, 1945.
47. Rompe et Steenbeck. — *Ergeb der Exakt Naturw.*, 18, 257, 1939.
48. Rubens. — *Berl. Ber.* p. 8 27, 1911.
49. Rubens et Aschkinass. — *Wied. Ann.*, 67, 459, 1899.
50. Rubens et V. Baeyer. — *Le Radium*, 8, 139, 1911. — *Berl. Ber.* 1911, p. 339 et 668.
51. Rubens et Hollnagel. — *Sitzberg der K. Preuss. Akad. Berlin*, janv. 1910, p. 26.
52. Rubens et Wood. — *Le Radium*, 8, 75, 1911.
53. Seifert et Randall. — *Rev. Sc. Instr.*, 11, 365, 1940.
54. Standard Telephones and Cables Ltd. *Thermistors.* (catalogue).
55. Steenbeck. — *Verh. d. phys. ges.*, 19, 101, 1938.
56. Sutherland et Daly. — *Proc Phys. Soc.*, 59, 77, 1947. — *Nature*, 157, 547 1946.

(*Voir suite page* 30.)

La régénération cérébrale chez les Mammifères

par Raoul-Michel MAY

Maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Paris

La régénération nerveuse chez les Mammifères, souvent très poussée dans les nerfs périphériques, fait faillite dans les centres, où n'ont lieu que des tentatives de néoformation infimes et incongrues. Une vaste série d'expériences anatomo-pathologiques chez des espèces diverses de Mammifères (Cajal, 1928, Rossi et Gastaldi, 1935), et un nombre énorme de cas cliniques suivis d'autopsies chez l'Homme ont montré qu'il n'y a pas de régénération des voies centrales et, par conséquent, pas de restauration de la physiologie normale des conducteurs interrompus. Dans la moelle épinière, notamment, après des signes de réparation comparables à ceux du bout central des nerfs périphériques, les pousses nerveuses néoformées s'atrophient et s'effondrent.

Cajal (1928) a bien montré que, dans certaines conditions, les axones aussi bien que les dendrites et le soma de neurones médullaires qui ont été ébranlés par un traumatisme sont capables d'émettre des pousses ramifiées. Mais il n'a pu se prononcer sur leur destinée.

Dans le cervelet et le cerveau, même ces tentatives frustes n'ont pas lieu; on n'y peut observer, dans certains cas d'hémorragie, de ramollissement ou de tumeur chez l'Homme, et après des traumatismes chez d'autres Mammifères, jeunes, que des réactions éphémères et abortives.

Cajal (1928) a également montré l'existence indubitable, dans le cerveau blessé de jeunes Mammifères, d'actes partiels et frustes de régénération des axones, et des hypertrophies compensatrices des fibres collatérales situées entre l'axone interrompu et la cellule qui lui donne naissance. Mais Rossi et Gastaldi (1935) concluent, dans une revue critique très complète, additionnée d'expériences personnelles, que la régénération du système nerveux central, comparée à celle des nerfs périphériques, est restreinte, peu intense, et surtout instable.

A quoi est due cette absence de régénération dans le névraxe? D'après Cajal, les axones des centres et, dans une certaine mesure, les dendrites, possèdent la capacité inhérente de reconstruire leur substance et de former de nouvelles expansions. Mais pour que cette régénération puisse avoir une certaine vigueur et utilité il faut la collaboration, soit de cellues conjonctives embryonnaires, soit de cellules de Schwann rajeunies, telles qu'on les voit dans la régénération des fibres périphériques.

Cette hypothèse est soutenue, non seulement par le fait qu'il n'y a pas dans les centres nerveux de cellules de Schwann ni de névrilemme, remplacés par la névroglie, mais encore par les études expérimentales faites sur la régénération du nerf optique, et celles sur la régénération des axones des cellules pyramidales, en présence d'un nerf en dégénérescence, dues à Tello.

Le nerf optique, on le sait, n'est pas un nerf vrai, mais une voie centrale reliant une partie périphérique du névraxe au reste. Organisé comme la substance blanche du névraxe, il ne possède pas de névrilemme ni de cellules de Schwann dans ses fibres à myéline; dans les interstices de celles-ci sont présentes des cellules névrogliques. Or, à la suite d'un traumatisme, le nerf optique ne régénère pas pleinement, comme un nerf périphérique, mais réagit comme la moelle, par une régénération faible et fruste; il semble que l'absence de cellules de Schwann rajeunies et de leurs agents neurotropes ne permette pas une complète régénération. Mais Tello, en 1907, Leoz et Arcaute, en 1913, ont implanté, entre les bouts d'un nerf optique sectionné, un bout de nerf sciatique du même Lapin. Ils ont alors vu que des fibres optiques ont régénéré et ont pénétré dans ce bout de nerf dégénéré, comme si elles étaient stimulées par ses cellules de Schwann.

D'autre part, Tello, en 1911, a implanté dans le fond d'une incision cérébrale qui allait jusqu'à la substance blanche, chez le Lapin, un bout de nerf sciatique en pleine dégénérescence, pris loin de sa section afin d'éviter son innervation préalable possible à partir du bout central. Dans certains cas, deux à cinq semaines après l'opération, des axones céré-

braux ont pénétré dans le nerf implanté et y ont crû exactement comme les pousses néoformées du bout central d'un nerf périphérique sectionné, convergeant ici de différents points du cortex cérébral, et semblant attirés par une force irrésistible. De la simple moelle de sureau trempée dans du suc exprimé d'un nerf en dégénérescence, et implantée dans le cortex cérébral d'un Lapin, attire également des fibres de la couche moléculaire.

Ainsi, d'après ces auteurs, l'action des cellules de Schwann dans l'élaboration de substances attirantes semble bien exister dans les nerfs en dégénérescence. Il semble, de plus, d'après leurs résultats, que nous ayons à faire, non pas à une action dynamique, d'ordre physique, mais bien à une action liée à l'élaboration de substances spécifiques neurotropes.

Young (1942) a récemment passé cette question en revue. Il estime que dans le système nerveux central on peut envisager quatre types de régénération :

1. Le remplacement de cellules nerveuses détruites.

2. La formation de connexions nouvelles par les neurones blessés.

3. Une nouvelle myélinisation de faisceaux endommagés temporairement.

4. Le rétablissement de connexions par la croissance régénérative d'axones.

1. Il est presque certain que le remplacement de cellules nerveuses détruites ne peut avoir lieu chez les Vertébrés. L'opinion générale admet que si le noyau d'un neurone est capable de commencer ou même de compléter une mitose, en présence de ponctions, résections ou infections des centres nerveux, il n'y a jamais de division complète du neurone entier.

2. La formation de connexions nouvelles, nous venons de le voir, a été observée par Cajal dans des cellules cérébrales. Dans des neurones dont l'axone est sectionné une des dendrites peut s'allonger et former une fibre récurrente allant aux couches corticales superficielles (Bielschowsky, 1935).

3. Une nouvelle myélinisation des faisceaux endommagés temporairement est plutôt une réparation partielle qu'une régénération vraie.

4. Le rétablissement de connexions fonctionnelles par la croissance régénérative d'axones a été démontrée chez des Poissons Téléostéens et des Batraciens adultes après section de leur moelle (Lorente de Nô, 1921; Tuge et Hanzawa, 1937).

Gerard et Grinker ont montré en 1931 qu'une telle régénération fonctionnelle est également possible chez des embryons de Mammifères si l'on sectionne leur moelle *in utero*.

Plus récemment (1940), Sugar ainsi que Sugar et Gerard ont montré, de plus, qu'une régénération fonctionnelle peut avoir lieu dans la moelle, après sa section, même chez des Rats, blancs et pies, âgés de trois à cinq semaines. La moelle thoracique est sectionnée complètement, mais en prenant soin de ne pas endommager sa vascularisation. La mort précoce des animaux opérés est due en général à la rétention d'urine avec ses complications : œdème, gangrène des pattes postérieures, hydronéphrose, hydro-uretères. Aussi peut-on l'éviter en exprimant l'urine par pression sur l'abdomen trois fois par jour pendant sept à dix jours, jusqu'à ce que la vessie réacquière ses fonctions.

Dans ces conditions, les Rats opérés vivent indéfiniment, et dans treize cas ont réacquis, après quatre semaines de paralysie proprioceptive et motrice caudalement à la section, la possibilité de grimper spontanément, de marcher, de sauter, de se placer proprement, ce qui démontre, en plus du retour de la motricité du train arrière, des sensations proprioceptives. Au sacrifice de ces Rats l'excitation du tronc cérébral provoque des mouvements des pattes postérieures.

L'imprégnation à l'argent de la moelle a montré un tissu cicatriciel traversé par des groupes de nouveaux axones qui mettent en communication des faisceaux des deux côtés de la lésion. Mais il n'y a pas eu de mitoses des neurones.

Le rétablissement le plus complet a eu lieu chez des Rats où l'on avait placé des bouts de nerf sciatique en dégénérescence ou de muscle, proprement orientés dans la brèche médullaire, c'est-à-dire avec leurs fibres parallèles à celles de la moelle. Les axones régénérés suivent fidèlement les voies tracées par les fibres nerveuses dégénérées, même lorsque celles-ci se recourbent en demi-cercle.

Les neurones médullaires sont donc à même de régénérer leurs fibres sectionnées s'ils sont bien vascularisés. Les fibres régénérées croissent le long des voies structurales comme les nerfs périphériques. Elles utilisent des bandes de noyaux névrogliques lorsque cela est possible, mais sont arrêtées par du tissu névroglique ou cicatriciel qui se trouve en travers de la moelle. Lorsque les fibres régénérées traversent avec succès une cicatrice, rétablissant ainsi la continuité anatomique, la transmis-

sion nerveuse et des fonctions coordonnées sont également rétablies.

Il s'ensuit de ces résultats que la régénération anatomique et fonctionnelle est parfaitement possible si l'on respecte la vascularisation des neurones médullaires. Il en ressort également que l'implantation d'un bout de nerf en dégénérescence facilite la croissance des fibres régénérées, et sert de pont pour leur traversée de la brèche médullaire.

Quelles sont alors les raisons qui font qu'une régénération fonctionnelle a été si rarement observée dans le système nerveux central? Pour Young, elles se réduiraient à trois : 1) le tissu cicatriciel ne serait pas un milieu adéquat pour la croissance; 2) les fibres centrales en dégénérescence ne fourniraient pas des voies de croissance convenables, peut-être à cause de l'absence de cellules de Schwann; 3) la complexité du système nerveux central rendrait difficile des connexions appropriées à des fibres poussant au hasard.

Tout en rejetant la première raison comme insuffisante, Young suggère qu'une partie des difficultés serait due à des facteurs purement mécaniques, et qu'on obtiendrait de meilleurs résultats en rapprochant les bouts sectionnés, ou en les unissant par des ponts musculaires ou nerveux tels que ceux utilisés par Sugar et Gerard.

Mais un neurocyte blessé ou intoxiqué par un élément pathologique tel que le virus poliomyélitique peut-il guérir et recouvrer un aspect normal, en dehors de la possibilité de régénérer ses expansions? Cette question a fait l'objet d'une série d'études de Bodian (1947, 1948) sur le Singe *Rhesus*. Il a vu d'abord qu'après section du nerf sciatique certains neurones moteurs de la moelle meurent rapidement. La substance de Nissl paraît être l'indicateur morphologique le plus sensible des changements régressifs, car elle montre régulièrement les premières altérations du neurone par une réduction de sa quantité. D'autres neurones, lorsque leurs axones n'arrivent pas à régénérer, restent atrophiques. Mais lorsque l'axone régénère, le neurocyte récupère son aspect normal.

Vingt-quatre heures après section de son axone un tel neurocyte contient une quantité plus faible que la normale de substance de Nissl, et cette réduction continue rapidement pendant environ une semaine. Mais, déjà deux semaines après la section, on peut constater que la substance de Nissl augmente en quantité par rapport à son taux le plus bas, quoique la croissance régénérative de l'axone ne fasse que commencer à ce moment. La période de guérison ou de rétablissement du neurocyte, pendant laquelle la substance de Nissl augmente encore en quantité, varie de trois à six mois; ceci dépend de l'ampleur prise par la chromatolyse de la substance de Nissl. Pendant ce temps la masse originelle du neurocyte est reconstituée. Pourtant, une quantité normale de substance de Nissl paraît être reformée avant que le volume de l'axone amputé redevienne tout à fait normal.

De même, après une infection poliomyélitique expérimentale chez le Singe, les neurocytes moteurs de la moelle qui sont atteints perdent une bonne partie de leur substance de Nissl. Dans certains cas il s'ensuit des dégradations irréversibles de leurs noyaux. Mais dans un grand nombre de neurocytes de tels changements nucléaires n'ont pas lieu, et les variations quantitatives cytopathologiques de la substance de Nissl sont lentement renversées jusqu'à ce que, quatre à six semaines après le début de la maladie, elle s'y trouve en quantité normale. Il est intéressant de remarquer que dans les neurocytes atteints les mitochondries et les neurofibrilles restent morphologiquement intactes sauf dans les neurones en nécrose.

Il ressort donc des recherches de Bodian que le neurocyte, s'il ne peut se multiplier à la suite d'atteintes pathologiques du névraxe, est pourtant capable de reformer ceux de ses éléments cytoplasmiques qui ont été dégradés.

Nous avons abordé la question de la régénération cérébrale en 1930 au moyen des greffes bréphoplastiques, c'est-à-dire d'implantations de tissus encore embryonnaires chez l'adulte.

Nous avons introduit, au moyen d'une pipette en verre, du tissu cérébral provenant de Ratons nouveau-nés dans la chambre antérieure de l'œil de Rats blancs adultes. Les fragments de tissu cérébral ont résisté à l'asphyxie, se sont greffés sur l'iris, ont été vascularisés, et se sont maintenus de façon permanente.

L'arrangement typique des cellules cérébrales ne paraît pas exister dans les greffons; elles sont dispersées dans toute leur masse. Mais les neurocytes ont une structure qui est essentiellement celle des cellules nerveuses normales; il existe aussi, dans les transplants, des cellules de la névroglie.

Alors qu'il y a pénétration des vaisseaux sanguins de l'iris dans les transplants cérébraux, il n'en est pas de même de ses fibres nerveuses qui ne s'aventurent pas en dehors de leur territoire normal. De même, les fibres nerveuses du greffon ne paraissent pas atti-

rées par le territoire iridien, mais restent cantonnées dans le transplant même. Dans les cas où le greffon s'est accolé à la cornée, il n'y a pas non plus d'interpénétration nerveuse.

Ainsi des cellules cérébrales très jeunes n'attirent pas les fibres nerveuses adultes qui occupent leur place définitive dans l'organisme, et, vice-versa, ces dernières ne constituent pas un centre stimulateur pour des cellules nerveuses de nouveau-né.

Mais nous nous sommes demandé, reprenant l'hypothèse de Cajal, s'il en serait de même si, avec le greffon cérébral, on implantait dans la chambre antérieure nourricière un bout de nerf en dégénérescence avec ses nombreuses cellules de Schwann. Dans cet espace restreint les produits de dégénérescence nerveuse, s'ils sont stimulants, ne peuvent manquer de faire sentir leur action. Notre espoir était de provoquer la régénération des expansions cérébrales et d'obtenir la réhabitation du bout de nerf implanté. En fait, les résultats que nous avons obtenus ont pleinement réalisé notre attente, ainsi que le montrent les faits énumérés ci-dessous.

Nous avons implanté, dans la chambre antérieure de l'œil de 132 Souris adultes, au moyen de fines pipettes de verre, à la fois du tissu cérébral de Souriceau nouveau-né et un bout de nerf sciatique du même Souriceau ou d'une Souris adulte.

Le tissu cérébral implanté a continué son développement et s'est accolé au bout de nerf sciatique greffé avec lui. Les bouts des nerfs implantés ont dégénéré comme ils l'auraient fait *in situ*. Leur dégénérescence est encore peu marquée trois jours après leur greffe, mais ils sont en pleine désagrégation sept jours après cette opération.

Les produits de dégénérescence et les cellules phagocytaires qui en sont chargées attirent les fibres cérébrales dont la progression peut être déterminée par leurs cônes ou boutons d'accroissement. L'attraction des fibres cérébrales est exercée aussi bien par des bouts de nerf de nouveau-né que de nerfs d'adultes. Les fibres attirées vers les bouts de nerfs en dégénérescence avancent vers ceux-ci isolément et en faisant souvent des trajets supplémentaires dans les tissus voisins.

Un bout de nerf de nouveau-né réhabité a, déjà trente-trois jours après son implantation, un aspect de nerf normal, et se distingue du tissu cérébral à fibres sinueuses et noyaux ronds par ses fibres droites et ses noyaux de Schwann allongés.

Nous avons pu observer deux connexions directes de tissu cérébral avec un bout de nerf de nouveau-né, trente-trois et cent dix-sept jours après leur greffe, et deux autres cas semblables avec un bout de nerf adulte, tous deux cent trente-trois jours après l'implantation. Ces connexions sont une preuve de la régénération des cellules cérébrales. Un bout de nerf adulte réhabité cent trente-trois jours après son implantation a l'aspect d'un nerf normal. Un bout de nerf de nouveau-né, étudié cent vingt-sept jours après sa greffe, avait provoqué la sortie des fibres nerveuses propres de la cornée et leur pénétration dans cet implant.

Dans des expériences plus récentes, nous avons implanté avec le tissu cérébral de Souriceau nouveau-né, non plus un bout de nerf sciatique, mais un pétit bout de muscle de la cuisse du même donneur. Dans la chambre antérieure de l'œil des Souris porte-greffes adultes, les cellules cérébrales ont régénéré des fibres qui, dès le septième jour après l'implantation se trouvent en contact étroit avec les fibres musculaires. Dans un cas, seize jours après l'opération, où le tissu musculaire se trouvait assez éloigné du tissu cérébral, celui-ci a émis un énorme faisceau d'axones qui a innervé les fibres musculaires striées. Les plaques motrices terminales n'ont pourtant jamais dépassé le stade embryonnaire, peu différencié.

Dans certains cas le tissu musculaire, évidemment non fonctionnel, a perdu sa striation, et a formé un vaste amas de cellules d'aspect myomateux; mais son innervation est demeurée, comme nous avons pu le voir encore vingt-sept jours après la double implantation.

Les faits expérimentaux que nous venons de décrire ne laissent aucun doute quant à la possibilité de provoquer la régénération de fibres de cellules cérébrales très jeunes. Ils ne sont pas moins probants quant à l'action neurotrope de nerfs périphériques très jeunes ou adultes, ou de tissu musculaire de nouveau-né.

On sait que pour expliquer l'extraordinaire phénomène de l'orientation des fibres nerveuses chez l'embryon de nombreuses théories ont été imaginées. Elles peuvent être classées en : 1) chimiques; 2) électriques; 3) mécaniques.

Nous avons exposé ces théories par ailleurs (May, 1945) et nous ne les discuterons pas ici. Il serait évidemment intéressant de déterminer si les résultats que nous venons d'exposer peuvent trouver leur explication dans

l'une ou l'autre de ces catégories théoriques. Mais, d'une part, il est osé d'extrapoler, à partir de résultats histologiques, quant aux facteurs chimiques et physiques qui sont en cause. D'autre part, pour que l'on puisse expliquer nos résultats par l'une des théories, il eût fallu que nous ayons éliminé les autres par une série d'expériences préalables.

Malgré ces restrictions nous sommes enclin à nous orienter, dans l'interprétation des faits que nous avons observés, vers la théorie du chimiotropisme de Cajal. On sait que ce savant suppose que les neuroblastes sont doués d'une sensibilité chimiotactique particulière, et qu'ils sont capables de mouvements amiboïdes, à l'instigation de substances sécrétées par les éléments épithéliaux, nerveux ou mésodermiques. Leurs expansions s'orienteront, par conséquent, dans le sens des courants chimiques et se porteront à la rencontre des cellules sécrétrices.

En ce qui concerne la régénération des nerfs, en particulier, nous avons vu que Cajal admet un rôle spécialement actif des cellules de Schwann proliférées du bout périphérique. Les substances stimulantes que ces cellules semblent produire attirent et dirigent, d'après Cajal, les jeunes fibres qui se trouvent dans le tissu cicatriciel. Ces substances neurotropes seraient solubles et non lipidiques, et exerceraient leur action sur tous les jeunes axones.

Or, dans les cas que nous avons observés, nous avons vu, comme nous l'avons dit plus haut, des expansions cérébrales avec leurs cônes ou boutons de croissance se porter à la rencontre des cellules chargées de produits de la désagrégation nerveuse. Dans d'autres cas, plus tardifs, nous avons observé leur orientation vers les gaines vides où s'étaient énormément multipliées les cellules de Schwann. Les cas de connexion entre le tissu cérébral et le nerf réhabité montrent que nous n'avons pas à faire là à des rapports fortuits, mais bien à une liaison massive de fibres qui ont été attirées vers le nerf par des influences qui émanent de lui et qui pourraient fort bien être de nature chimique. Ceci est encore démontré par la formation de plaques motrices sur les fibres des muscles de la cuisse qui attirent les axones cérébraux. Enfin, la force de cette attraction doit être très puissante puisqu'elle arrive, dans certains cas, à faire sortir les fibres nerveuses de la cornée et à les faire pénétrer dans le bout de nerf stimulateur.

De toutes façons nos cas peuvent être comptés parmi ceux, fort rares jusqu'ici, où l'on a pu susciter une régénération cérébrale chez des Mammifères. Tous ces cas ont été provoqués, dans des conditions expérimentales, par l'apport d'excitants d'origine nerveuse. Nous entrevoyons, avec de telles méthodes, une vaste expérimentation dans ce domaine.

Tel est l'aspect morphologique de cette question. Nous avons voulu l'étudier également au point de vue chimique.

Nous avons vu, dès 1929, que la lésion d'un hémisphère cérébral chez le Cobaye, donnant lieu à une encéphalite traumatique, se traduit par des variations du taux de l'eau et de l'azote, du soufre et du phosphore dans la substance cérébrale sèche. Ce dernier diminue notablement, tandis qu'il y a une légère augmentation de l'eau, une augmentation assez régulière de l'azote pendant les premiers jours qui suivent la lésion, et une rapide augmentation du soufre.

Nous avons observé par la suite, dans le cas de nerfs subissant une dégénérescence traumatique chez le Lapin, qu'il y a, dans le nerf sec, une diminution des deux tiers du phosphore total. Elle est due à une baisse des neuf dixièmes de la fraction lipidique, contenant les phosphatides, à une baisse des deux tiers de la fraction protidique, contenant les nucléo-protides et les phospho-protides. Par contre, il y a une hausse de la teneur en eau des nerfs dégénérés et de la fraction phosphorée hydrosoluble, constituée par des corps phosphorés simples.

Nous avons appliqué la même méthode, en collaboration avec J. Arnoux (1941), au problème de l'augmentation de l'azote au cours de la dégénérescence nerveuse chez le Chien.

Contrairement à l'augmentation de l'eau dans le nerf dégénéré, les combinaisons azotées solubles dans l'eau (azote extractif) diminuent. Et si, comme dans le cas du phosphore lipidique, la faible fraction d'azote lipidique baisse, par contre, et inversement à ce qui se passe pour les fractions phosphorées correspondantes, l'azote total et ses combinaisons solubles dans l'alcool et protidique augmentent dans le nerf dégénéré sec.

A la dégradation de l'axone et de la myéline correspondrait la diminution des fractions phosphorées autres que la fraction hydro-soluble, diminution qui très vraisemblablement est en rapport avec une désintégration des phosphatides, dont ferait partie la fraction azotée lipidique qui baisse également. Par contre, la multiplication des cellules de Schwann et des phagocytes immigrés comporterait une augmentation de l'azote total dont l'azote protidique fournirait de loin la plus grosse part.

La fraction azotée hydro-soluble, participant à la synthèse protidique, baisserait pour autant.

Plus intéressantes encore sont les modalités de l'augmentation du soufre dans la désagrégation nerveuse.

Si l'on calcule le taux du soufre total et des combinaisons soufrées du nerf dégénéré frais par rapport au nerf normal frais chez le Chien et le Lapin, on constate que deux semaines après le début de la dégénérescence il y a une diminution de 8,6 % du soufre total, 4,3 % du soufre protidique, et 17,5 % du soufre hydro-soluble. Mais une semaine plus tard, on voit une augmentation de 6,4 % du soufre total, une diminution de 4 % du soufre protidique, et une augmentation de 25,7 % du soufre hydro-soluble. Un mois après le traumatisme, on trouve une augmentation encore accrue du soufre total (20,8 %) et du soufre hydro-soluble (36,6 %), tandis que le soufre protidique est au même taux que dans le nerf normal.

Il y a donc une augmentation réelle, et non pas relative, du soufre total et hydro-soluble au cours de la dégénérescence nerveuse, tandis que le soufre protidique reste à peu près à son taux normal.

Il semble donc difficile d'expliquer la plus forte proportion de soufre hydro-soluble dans un nerf dégénéré, par rapport à un nerf sain, comme l'expression d'une dégradation des autres constituants soufrés du nerf dégénéré. La forte augmentation du soufre hydro-solube, qui croît avec le temps qui s'écoule depuis la lésion nerveuse, *pari passu* avec l'augmentation du soufre total, semble plutôt être en rapport avec l'apport ou la synthèse de substances soufrées dans le nerf en dégradation.

S'il en était ainsi, il n'est pas exclu que des combinaisons soufrées hydro-solubles jouent un rôle comme substances neurotropes dans la régénération nerveuse. Deux ordres de faits viennent d'ailleurs étayer cette conception.

D'une part, A. Fischer (1941) a pu entretenir, *in vitro,* la vitalité des tissus en les maintenant dans un milieu composé de neuf acides aminés. Or, de tous ces corps, la cystine paraît le plus remarquable, car il semble capable, à lui seul, d'exercer, au moins pendant un certain temps, une nette action favorisante. L'albumine dénaturée, l'albumine du sérum et l'insuline seraient capables d'exercer une action comparable à celle de la cystine. Or, d'après Fischer, ces différentes substances agiraient surtout par le groupement —SH qu'elles renferment. Les travaux de Rapkine (1931, 1938) et d'Ephrussi (1932) plaident d'ailleurs dans le même sens.

D'autre part v. Muralt et ses collaborateurs Jent, Kœchlin, Wagner-Jauregg (1945) ont isolé une substance de croissance neuro-régénératrice à partir de matière nerveuse animale. Ce corps, qu'ils ont baptisé « substance NR », accélère la régénération nerveuse environ 4,5 fois. Il ne contient pas de protéine, n'est pas spécifique pour une espèce donnée, et est relativement thermostable.

Ainsi, des substances soufrées hydro-solubles jouent un rôle important dans l'accélération de la croissance cellulaire. D'autre part, il existe une ou des substances qui accélèrent la régénération nerveuse. Il reste à montrer par des expériences ultérieures le rôle exact des substances soufrées hydro-solubles que nous avons étudiées dans le bout périphérique de nerfs dégénérés, et à déterminer si elles exercent bien une action neurotrope.

Enfin, un dernier aspect de cette question est celui des rapports entre la biochimie de la régénération nerveuse et celle de la croissance nerveuse, en particulier chez l'embryon.

Bodian (1947) a récemment montré, dans les recherches que nous avons citées plus haut sur la régénération des cellules motrices de la moelle, que les variations morphologiques, physiologiques et chimiques du neurone en état de régénération le font retourner vers un état comparable à sa période embryonnaire. Ce n'est que lorsque sa régénération est complétée qu'il revient à un stade adulte. Le neurone en voie de développement et celui en état de régénération montrent tous les deux peu d'activité de leur oxydase cytochrome, peu de nucléoprotéines cytoplasmiques de réserve, mais par contre un haut niveau de métabolisme des phosphates et de synthèse protoplasmique.

Nous avons récemment (1948) étudié comparativement des cellules cérébrales de Souris nouveau-nées qui, nous l'avons vu, sont encore capables de régénérer des fibres, et ces mêmes cellules chez des Souris adultes, et avons envisagé nos résultats par rapport à ceux que nous avons obtenus au cours de la dégradation du cerveau lésé, et de la dégénérescence nerveuse du nerf sciatique sectionné chez divers Mammifères.

Or certains des constituants du système nerveux suivent une marche opposée dans les deux processus, dégénérescence et croissance nerveuses. C'est ainsi que l'eau augmente dans la dégénérescence alors qu'elle baisse dans la croissance. Le phosphore total et lipidique baisse dans la dégénérescence, tandis qu'il augmente au cours de la myélinisation des

fibres nerveuses. D'autre part le phosphore hydro-soluble augmente dans la dégénérescence et baisse dans la croissance. L'azote total et protidique augmente au cours de la dégénérescence alors qu'il baisse au cours de la croissance. De même, le soufre total et hydrosoluble augmente au cours de la dégénérescence alors qu'il baisse au cours de la croissance.

Mais d'autres constituants suivent une marche semblable dans les deux processus. C'est ainsi que le phosphore protidique baisse dans la dégénérescence et la croissance, que l'azote hydro-soluble baisse au cours de la dégénérescence et de la croissance, et que le soufre protidique augmente au cours des deux processus.

Il faut se rappeler qu'au cours de la dégénérescence nerveuse ont lieu des phénomènes qui font déjà partie de sa régénération. Aussi n'est-il pas étonnant que nous ne puissions, d'après ces résultats, envisager la dégénérescence nerveuse, ainsi qu'on en a formulé l'hypothèse, comme l'opposé de la croissance, comme un simple retour en arrière ou dédifférenciation des constituants de la cellule nerveuse ou de ses fibres. C'est plutôt un processus où cette dédifférenciation a bien lieu pour certains des constituants chimiques mais où, en plus, des transformations cellulaires d'ordre régénératif comportent des changements chimiques qui s'apparentent étroitement à ceux qui ont lieu au cours de la croissance des neurones.

R. M. MAY.

J. Mevel : Domaine spectral 100 μ - 5 mm

(*Suite de la page* 23)

57. Trowbridge. — *Phys. Rev.*, 8, 485, 1916.

58. Trowbridge et Crandall. — *Phil. Mag.* (6), 22, 534, 1911.

59. Trowbridge et Wood. — *Phil. Mag.* (6), 20, 898, 1910. — *Phys. Zs.*, 11, 1114, 1911.

60. Uyterhoeven. — *Elektrische Gazentladungslampen*, Berlin, Springer, 1938.

61. Wenk. — *Fortschr. a. d. Geb. d. Rontgenstrahlen*, 56, 98, 1937.

62. *Western Electric Thermistors* V 649, V 651, V 664. — *Amplificateur KS* 10281.

63. Witt. — *Phys. Zts.*, 21, 374, 1920. — *Zs. f. Phys.*, 28, 236, 1924.

64. Wood. — *Phil. Mag.* 6, 20, 770, 1910. — *Phys. Zts.*, 11, 109, 1910.

65. Wood. — *J.O.S.A.*, 34, 509, 1944.

LES MÉDICATIONS RETARD

par

Bernard SUREAU et *Charles JUNOD*

Médecin assistant de l'Hôpital Pasteur
Chef de Laboratoire à l'Institut Pasteur

Ancien Interne
de l'Hôpital Pasteur

De plus en plus la médecine symptomatique perd ses droits en faveur des traitements spécifiques, dont le but est d'apporter à l'organisme le facteur (hormone, vitamine) qui lui fait défaut, s'il s'agit d'une médication physiologique, ou bien de l'imprégner d'une façon durable et régulière avec un anti-infectieux, lorsque l'on désire combattre une maladie microbienne.

Certains médicaments atteignent d'emblée l'organe malade, s'y fixent et y poursuivent leur action, mais la plupart d'entre eux suivent dans l'organisme un circuit qui les amène plus ou moins rapidement à être neutralisés, détruits ou éliminés.

L'essor moderne pris par le laboratoire, la multiplication et le perfectionnement des méthodes de recherches et de dosages qui sont à sa disposition ont permis au clinicien de suivre dans l'organisme de son malade l'évolution des médications prescrites.

Ce cycle subi par le médicament dépend de sa nature, de son véhicule, de la voie d'introduction choisie. Il était logique de chercher à maintenir dans le sang et les organes une concentration médicamenteuse constante et efficace.

Pour obtenir ce résultat, le moyen le plus simple est évidemment l'administration médicamenteuse en goutte à goutte, soit intraveineux, soit sous-cutané, soit même rectal... mais ce traitement, s'il peut s'envisager pour un malade alité, et pour un court laps de temps, est irréalisable chez un diabétique actif et cependant condamné à se soigner jusqu'à la fin de ses jours.

A la rigueur, des injections quotidiennes ou biquotidiennes peuvent être pratiquées; ainsi en est-il actuellement pour la plupart des diabétiques ; quand il s'agit de pénicilline ou de streptomycine, le traitement se heurte constamment aux complications entraînées par le mode d'administration ; chez un malade ambulatoire la nécessité d'injecter le médicament toutes les trois heures nuit et jour, constitue déjà une difficulté. Pour le malade alité à la maison, la répétition des injections reste compliquée ; à l'hôpital, elle constitue pour le personnel hospitalier un surcroît de travail et nécessite, dans un service d'infectieux par exemple, un personnel supplémentaire. Et que dire du malheureux malade condamné à subir un tel traitement pendant de longues semaines, à attendre nuit et jour sans discontinuer, ponctuellement, toutes les trois heures, l'injection de pénicilline?

⁂

Pour parer à ces inconvénients, divers moyens ont été proposés ; les uns portent sur la voie d'introduction du médicament dans l'organisme; c'est ainsi que des études fort intéressantes ont été faites sur la voie orale, et des préparations « per os » d'insuline, de stérandryl, de pénicilline sont proposées, qui ne sont pas dépourvues de toute efficacité. La voie anale, avec les suppositoires, s'est montrée moins efficace : la pénicilline est détruite ; l'absorption des autres médicaments est irrégulière, et devient rapidement irritante. Les aérosols sont dispendieux en médicaments et rendent délicat le contrôle de la dose effectivement absorbée par le malade.

D'autres auteurs ont été tentés d'injecter les préparations dans des cavités closes, articulations, plèvre, péritoine, comptant sur la séreuse pour assurer une résorption lente ; Bayley en particulier a soigneusement étudié la question à propos de la pénicilline mais cette formule ne s'est pas révélée efficace.

En somme aucune des solutions proposées ne donne entière satisfaction, c'est pourquoi les chercheurs ont été amenés à préparer des véhicules « retards » injectables, pour lesquels le rythme d'administration est moins précipité.

Ces études, commencées avec la naissance de l'insuline, avaient, par la suite, été à peu près abandonnées, jusqu'à ce que la naissance des antibiotiques leur donne un renouveau d'actualité.

Nous passerons en revue les divers procédés retard proposés, puis nous verrons les applications qu'on a pu en tirer pour les diverses médications physiologiques ou anti-infectieu-

ses. Nous essaierons enfin d'en discuter la valeur, et de dégager les indications propres à chacun d'eux.

I. — PROCEDES « RETARD »

Une fois injectées dans le muscle, ou sous la peau, les préparations médicamenteuses sont reprises plus ou moins rapidement par le sang circulant, puis retenues au niveau du filtre rénal, ou dégradées au niveau du foie, et éliminées par les urines et les fèces.

De nombreux procédés ont été proposés pour ralentir le passage des médicaments à travers l'organisme et retarder leur élimination.

On peut classer les procédés retard en trois catégories : les uns tendent à réduire l'élimination rénale et à maintenir le médicament dans le sang circulant ; les autres freinent le passage médicamenteux dans le sang par vaso-constriction locale au point d'injection ; les derniers utilisent comme support médicamenteux des substances à résorption lente et en particulier des mélanges huileux. Nous n'étudierons pas l'implantation sous la peau, dans une région peu vascularisée, du médicament cristallisé.

A) Blocage du rein.

Lorsque la perméabilité rénale est diminuée, dans les cas de néphrite par exemple, l'élimination médicamenteuse est retardée, le taux thérapeutique du sang reste plus longtemps efficace.

Vis-à-vis de la pénicilline, Fleming et ses collaborateurs avaient déjà remarqué ce fait chez un malade atteint de néphrite. Nous avons titré chez une de nos petites malades de 12 ans atteinte de néphrite avec anurie complète, après une injection unique de 200.000 unités de pénicilline aqueuse, 0,15 unité par cc de sang au bout de 24 heures et 0,03 unité après 48 heures.

Cependant, toute recherche dans ce sens impose au préalable des précautions strictes ; appréciation du fonctionnement rénal du sujet par l'épreuve de perméabilité à la phénol-sulfone-phtaléine; détermination exacte de la quantité de boisson journalière.

La plupart des essais faits pour utiliser le blocage des reins comme procédé « retard » ont été faits avec des préparations pénicillinées.

Pour Beyer, 20 % seulement de la pénicilline est éliminée par les filtres glomérulaires, tandis que 80 % sont excrétés par les *tubuli contorti*. Divers auteurs ont proposé des produits capables d'agir à la fois sur les fonctions secrétoire et excrétoire.

Armstrong et Halpern ont proposé l'association pénicilline-dextrose.

Rammelkamp et Bradley injectent simultanément de la pénicilline et une préparation iodée, le diodrast ; ils ramènent ainsi l'élimination de 60 % chez les sujets témoins à 20 %, et allongent la courbe de pénicillinémie.

Beyer, Woodward et leurs collaborateurs, Berger proposent d'utiliser l'acide para-aminohippurique, peu toxique ; ils diminuent des deux tiers l'élimination rénale, et obtiennent une prolongation des courbes jusqu'à sept et huit heures sans inconvénient notable.

Plus récemment, Beyer a étudié un nouveau support, le 4' carboxy-phényl-méthane-sulfonamide, dont l'activité porterait surtout sur les *tubuli contorti*.

Toutefois, si le blocage des reins peut à la rigueur s'envisager chez des sujets en bon état apparent, à l'occasion d'une affection de courte durée, on hésite à l'employer pour des affections graves, au cours desquelles l'élimination rénale joue pour le pronostic un rôle particulièrement important.

B) Vaso-Constriction locale.

Le fait qu'un médicament injecté est d'autant plus rapidement repris par la circulation qu'il est placé dans une région mieux vascularisée a conduit à provoquer une vaso-constriction au point d'injection pour retarder l'élimination.

Trumper et Muter prolongent l'élimination en plaçant une poche de glace sur la région où a été faite l'injection ; ils appliquent la glace une heure avant de faire l'injection, puis l'y laissent pendant 4 à 5 heures. Cette méthode maintiendrait l'efficacité d'une dose de 50.000 unités de pénicilline pendant 6 à 12 heures.

Carlinfanti se contente de placer à la racine du membre qui a reçu la piqûre un garrot peu serré; il obtiendrait une efficacité de 6 à 8 heures.

L'utilisation de l'adrénaline avait déjà été proposée, ajoutée à l'insuline, pour en freiner la résorption ; mais elle fut abandonnée, car il n'est pas désirable de multiplier les injections d'adrénaline. Roy et ses collaborateurs ont repris la question avec la pénicilline ; mais l'adrénaline inactive en partie la pénicilline.

Ni l'action sur l'élimination rénale, ni la vaso-constriction locale n'ont été retenues

comme procédés « retard » d'utilisation courante.

C) Substances à résorption lente.

Toute l'attention s'est portée sur la question du véhicule, le problème consistant à trouver un produit capable, soit de freiner l'absorption de la pénicilline au niveau du point d'injection, soit de ne la libérer que très lentement dans le sang.

On eut tout d'abord recours à l'huile ; avec l'insuline, les résultats se sont montrés médiocres, seule l'huile tarde à se résorber, l'insuline ayant rapidement diffusé. Par contre, l'huile se trouve être le solvant normal de la plupart des hormones, et là, le problème s'est trouvé d'emblée partiellement résolu ; la lutéine, la folliculine, la désoxycorticostérone, l'hormone mâle, par exemple, sont liposolubles et couramment utilisées en solutions huileuses.

Vis-à-vis de la pénicilline, malgré les difficultés, Romansky et Rittman ont pu, dès 1944, proposer une solution. A leur suite, de nombreuses variantes ont été données portant sur le choix de l'huile ou de la graisse. Schutz et Hawthorne emploient un extrait très purifié de graisses de bœuf auquel ils ajoutent, pour ramener le point de fusion à 35°, de l'huile d'arachide. Tantôt la pénicilline est présentée émulsionnée dans l'huile ; tantôt elle est séparée du solvant, au moment de l'emploi, on la dissout d'abord dans quelques gouttes de sérum physiologique, puis on émulsionne cette préparation dans le véhicule.

Sur un autre plan, les auteurs furent également tentés de préparer un composé organique médicamenteux liposoluble ; avec la pénicilline dont la nature chimique est nettement définie, cela semblait théoriquement facile.

La pénicilline courante (sels de Na ou de Ca) n'est pas soluble dans l'huile, mais son sel de méthyle est oléosoluble. Aussi, a-t-on préparé une solution huileuse de l'ester méthylique de pénicilline (C. Levaditi, H. Penau, A. Vaisman et G. Hagemann). Ces auteurs ont même proposé d'associer l'ester au bismuth. D'après nos essais cliniques personnels, la valeur thérapeutique de cette préparation est inférieure à celle des pénicillines sodiques et calciques; nous n'avons retrouvé, chez les malades traités par ce procédé, que des taux relativement faibles de pénicillinémie ou de pénicillinurie; peut-être le produit s'hydrolise-t-il progressivement dans le sang. Pour ces raisons, les auteurs ont abandonné cette préparation. Mais les travaux dans cette voie ont été poursuivis; on a cherché à combiner la pénicilline libre à une base organique insoluble dans l'eau, et soluble dans les solvants organiques; H. Penau et G. Hagemann ont pu ainsi préparer le sel de pénicilline du 5 vinyl-quinuclidyl-(2) -6-methoxyquinolyl-4-carbinol. Ce composé, remarquablement actif, titre 815 unités au milligramme; il est stable à la température ordinaire.

Cette préparation, sel de quinine de la pénicilline, pourrait, au cours d'un traitement prolongé se voir reprocher une action secondaire sur l'organisme, dû à l'effet dépresseur de la quinine. Des études parallèles, menées par les mêmes chercheurs, tendent actuellement à combiner la pénicilline à d'autres bases organiques dépourvues de cet inconvénient.

D'autre part, on a recherché des solvants organiques injectables plus visqueux que l'eau, peu miscibles à l'eau et au sérum. Parmi eux, deux formules ont été retenues, d'une part, la polyvinylpyrrolidone ou subtosan; d'autre part, le β phénoxyéthanol anhydre ou phénoxétol ou solvant P.

Le Polyvinylpyrrolidone ou Subtosan, est un produit de polymérisation dont le poids moléculaire est compris entre 20.000 et 40.000; c'est un véhicule facilement soluble dans l'eau et peu toxique ; il fut d'abord étudié par Hecht et Wesse comme sérum artificiel antihémorragique ; il est utilisé à ce titre en solution à 3,5 % administrée en perfusions intraveineuses. Durel et ses collaborateurs ont été amenés à en étudier les solutions concentrées comme véhicule retard de divers médicaments. La P.V.P. peut être représentée par la chaîne ci-dessous :

```
— CH2 ———— CH ———— CH2 ———— CH ———— CH2 —
            |                   |
            N                   N
          /   \               /   \
      H2C       CO        H2C       CO
        |       |           |       |
      H2C ——— CH2         H2C ——— CH2
```

Cette chaîne se referme sur elle-même à la façon des molécules de protéine (Bennhold et Schubert.)

Le β phénoxyéthanol ou Phénoxétol ou Solvant P est un éther phénylique du glycol, de poids moléculaire 138, légèrement antiseptique. Levaditi, Penau et Hagemann l'ont d'abord étudié, associé à l'huile d'olive (5 à 30 % de solvant P dans l'huile) comme véhicule de l'ester méthylique de pénicilline ou des sels de Ca et de Na de la benzyl-pénicilline (Pénicilline G) ; actuellement, après de nombreux essais le solvant P est utilisé sans huile, additionné de 2 % d'eau et de 1 % de p-amino benzoate de butyle.

II. — LES PREPARATIONS RETARD LEUR VALEUR

1° Les insulines retard

La répétition des injections d'insuline est pour le diabétique une servitude dont on devait chercher à limiter le poids. L'action hypoglycémiante de l'insuline ordinaire est brève et ne dépasse pas 8 heures chez un malade sévèrement atteint ; il faut donc envisager trois injections par 24 heures. Il existe, en outre, une poussée d'hyperglycémie physiologique dans la deuxième moitié de la nuit qui nécessite, pour certains malades, une injection d'insuline à minuit. Autre inconvénient, l'injection d'insuline peut être immédiatement suivie d'une courte période d'hypoglycémie.

La secrétion pancréatique est régulière ; chez le sujet normal, elle atteint environ 300 unités par 24 heures ; les préparations retard ont essayé d'étaler sur les 24 heures les effets de l'insuline injectée.

Les recherches effectuées en vue d'obtenir une insuline retard ont été orientées sur deux voies différentes.

D'une part, on a voulu freiner l'action hypoglycémiante de l'insuline en lui associant un produit antagoniste d'action éphémère, comme l'adrénaline ou la post-hypophyse.

D'autre part, on a essayé d'inclure l'insuline dans un support à résorption lente.

Dans le premier groupe, l'*Insuline Adrénaline*, s'est montrée efficace, mais les injections répétées d'adrénaline ne sont pas sans inconvénient.

Sous le nom d'*Insuline Dépôt*, un essai très intéressant a été tenté pour freiner l'action de l'insuline par le lobe postérieur d'hypophyse ; malheureusement là encore l'action est inconstante et l'on risque des accidents d'hypoglycémie.

Les Insulines à véhicule retard sont plus intéressantes.

L'Insuline Huileuse n'a donné que des résultats médiocres ; seule l'huile tarde à se résorber, l'insuline diffusant très rapidement.

Le Tannate d'Insuline donne d'assez bons résultats, mais il est mal toléré par les tissus aux points d'injection.

L'Insuline Protamine. — Depuis longtemps on pensait qu'à l'état normal l'insuline secrétée par le pancréas circulait dans le sang associée à des molécules protidiques qui en amortissaient l'effet hypoglycémiant. Cette idée conduisit Hagedorn, Jensen, Krarup et Waestrop (1936) à combiner l'insuline à des substances protidiques ; après de nombreux essais leur choix s'est fixé sur une protamine extraite de la laitance de saumon (*Salmo Tridus*). Ce complexe, insoluble à *pH* 7,2, ne produit son effet hypoglycémiant qu'au bout de plusieurs heures, mais cette action se prolonge pendant 15 à 20 heures, et atteint son maximum entre la 5e et la 10e heure. Toutefois cette action retard subit d'importantes variations selon les individus, et selon les échantillons d'insuline-protamine utilisés.

Insuline Protamine-Zinc. — On s'avisa à la même époque, de renforcer l'effet retard par l'addition à l'insuline protamine de zinc au taux de 1 mmg pour 500 unités. On obtient ainsi un produit retard plus efficace dont le maximum d'activité apparaît entre la 8e et la 15e heure, et dont l'élimination totale s'allonge sur 24 à 30 heures.

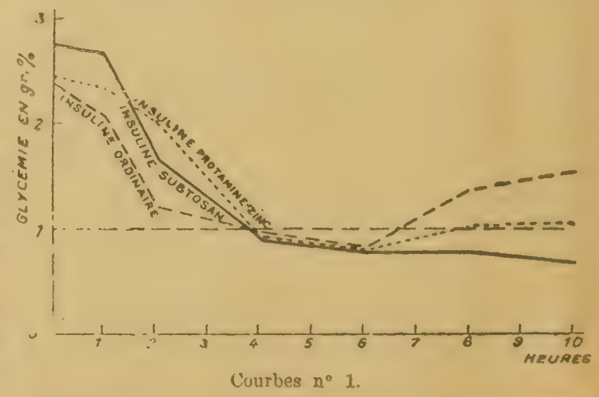
Malheureusement, cette insuline protamine-zinc s'élimine aussi d'une façon assez irrégulière, et ne peut s'appliquer qu'aux diabètes modérés ; en dépassant des doses quotidiennes de 40 à 50 unités, on s'expose, en effet, à des accidents d'hypoglycémie.

Ce produit n'est pas parfaitement toléré ; l'injection est douloureuse, et entraîne parfois prurit, urticaire, céphalées.

On utilise en Allemagne un autre type d'insuline, associée à un système colloïdal additionné d'acide oléique, mais son action est inconstante.

Brown et Schwab ont préparé une *insuline gélatine* et une *insuline-gélatine-zinc* dont les résultats sont comparables à ceux obtenus avec l'insuline protamine.

Plus intéressante est l'*insuline Subtosan*, récemment vulgarisée à la suite des expériences de Durel et Dubost, sur le lapin, puis de Harvier, di Mattéo, Deuil et Choay, sur l'homme.



Courbes n° 1.

Comme le montrent les courbes ci-jointes, dues à ces auteurs, son action s'étend facile-

ment sur 24 heures, ne nécessitant, par conséquent, qu'une injection par jour ; il suffit de dissoudre la dose prévue d'insuline dans 10 cc de polyvynilpyrrolidone à 25 %.

Cette nouvelle forme d'insuline retard, ainsi qu'il résulte des études de Harvier, paraît présenter une activité au moins égale à celle de l'insuline protamine-zinc ; elle a une action rapide, durables et sans à-coups, éliminant par conséquent les risques d'hypoglycémie.

Par ailleurs, sa préparation et son emploi sont faciles, contrastant en cela avec l'I.P.Z., de qualité inconstante, difficile à stériliser et à conserver.

Deux nouvelles *insulines retard* enfin sont actuellement à l'étude.

L'une, préparée au Danemark par Knud, Hellas et Moller, est une insuline amputée de plusieurs acides aminés par action d'un isocyanate.

L'autre, étudiée aux Etats-Unis, est une *Insuline-Hémine-Choline* en solution ammoniacale.

L'étude des « véhicules retard » qui avait conduit à l'Insuline-Protamine-zinc, était par la suite passée au second plan. C'est à l'avènement de la Pénicilline qu'elle doit son regain d'actualité ; l'examen systématique de nombreux produits en vue de leur application a permis à nouveau de développer les Substances Retard.

2° Les pénicillines retard

D'ores et déjà nous croyons pouvoir les classer en deux groupes.

— Les pénicillines retard *à court terme*, capables après l'injection de maintenir dans le sang un taux bactériostatique suffisant pendant 6 à 12 heures.

— Les pénicillines retard *à long terme*, dont l'effet se prolonge 24 et même 48 heures.

Personnellement nous avons étudié depuis trois ans, sous la direction du Docteur René Martin, diverses pénicillines. Nous n'utilisons plus maintenant que les sels de Ca ou de Na de la pénicilline G (benzyl-pénicilline), stable à la température ordinaire, et de pouvoir bactériostatique constant.

a) Pénicillines retard à court terme.

Parmi elles, nous qualifions de préparations « de dépannage » des suspensions dont l'emploi ne peut être régulièrement prescrit, soit du fait de l'irrégularité de l'élimination, soit par suite d'injections trop volumineuses ou mal résorbées.

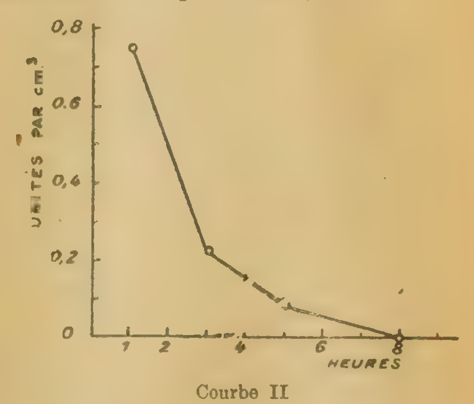
La préparation la plus simple « home made », consiste à dissoudre la dose de pénicilline prescrite dans 5 à 10 gouttes d'eau physiologique, et à mettre cette solution en suspension dans 5 cc d'huile camphrée. A condition de faire une émulsion fine et soignée, des doses de 40 à 50.000 unités maintiennent dans le sang un taux efficace pendant 6 heures, et parfois 8 heures ; mais le passage est irrégulier et se fait par à-coups ; on ne peut donc demander à cette préparation qu'une aide occasionnelle.

Les autres préparations *à court terme* sont obtenues soit à partir de solvants huileux, soit à partir de solvants organiques.

Les *solvants huileux* sont constitués par des huiles, type huile d'olive ou huile de sésame, additionnées de cholestérol. Certaines préparations comme l'Emulgen, comprennent également un anesthésique local (le chlorobutanol), mais cet apport le rend légèrement toxique.

Quelle que soit la préparation spécialisée (Solvecillin, Emulgen, Sobio), le mode d'utilisation est le même ; on dissout la pénicilline dans 1 à 1,5 cc de sérum physiologique ; on émulsionne dans 3 à 3,5 cc de solvant huileux préalablement chauffé et liquéfié (sauf pour le Sobio qui est présenté sous forme liquide), l'absorption sanguine se fait en 5 à 6 heures, rarement 8 heures.

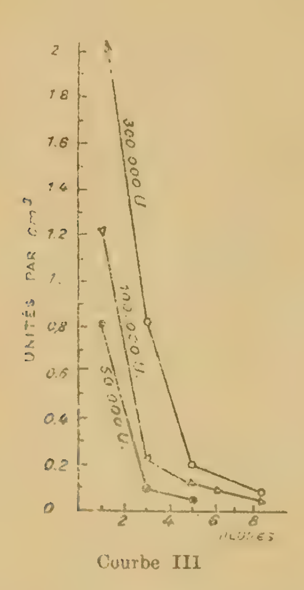
Voici à titre d'exemple une courbe de pénicillinémie obtenue avec la « Solvecillin », après injection de 100.000 unités de pénicilline G (dissoutes dans 0,5 cc de sérum physiologique et émulsionnées dans 3 cc d'huile cholestérolée) et (d'après Maral).



Courbe II

Ces préparations entraînent des manipulations assez délicates ; souvent, il faut les chauffer au préalable, utiliser une seringue et une aiguille chaudes et malgré ces précautions les injections sont fréquemment émaillées d'incidents.

Parmi *les solvants organiques*, deux sont à notre disposition. L'application à la pénicilline de la *polyvinylpyrrolidone* était logique et nous devons à René Maral une étude fort documentée sur la pénicilline Subtosan, que nous pouvons résumer par les courbes suivantes :



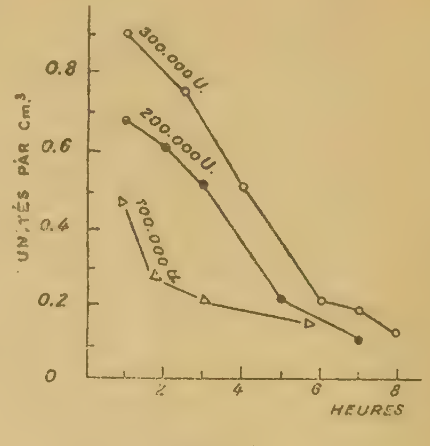
Courbe III

Pour préparer l'injection, il suffit de dissoudre la poudre de pénicilline dans 10 cc de solution de polyvinylpyrrolidone à 25 % ; l'injection se fait en pleine masse musculaire.

Il s'agit d'une préparation fort intéressante dont l'élimination porte sur 6 à 8 heures ; malheureusement, l'injection est volumineuse, le produit nécessite pour être efficace, 3 à 4 injections par jour, soit 30 à 40 cc de Subtosan à 25 % quelle que soit la dose de pénicilline prescrite ; à ce taux les injections deviennent rapidement douloureuses, elles ne se résorbent pas toujours parfaitement, et manifestent parfois une légère toxicité qui se traduit par une fébricule autour de 38°.

On ne peut donc demander à la pénicilline Subtosan qu'un traitement de courte durée, ou la réserver pour la nuit, permettant ainsi au malade un repos ininterrompu de 6 à 8 heures.

La phénoxétone nous a également donné des résultats fort intéressants ; il suffit de dissoudre la pénicilline (200 à 300.000 unités) extemporanément dans 1,5 cc de solvant, et de faire l'injection par voie musculaire ; cette préparation, indolore, est remarquablement tolérée, et nous avons pu sans inconvénient en administrer 4 ampoules par 24 heures pendant 21 jours à une de nos malades. Avec ce procédé, la pénicilline conserve au sang un pouvoir bactériostatique efficace pendant 6 à 8 heures, ainsi que le montrent nos courbes ci-jointes établies pour des injections uniques de 100.000, 200.000 ou 300.000 U. O.



Courbe IV

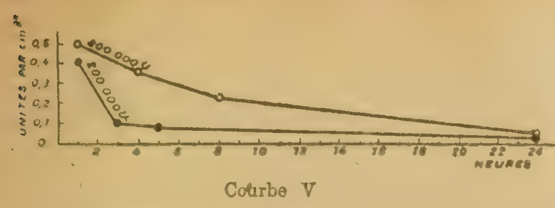
Si nous comparons les courbes d'absorption du solvant P avec celles du Subtosan, nous constatons que le clocher du début est moins marqué avec le solvant P ; la pente d'élimination est moins accentuée, et le taux de pénicillémie efficace tend à se prolonger plus longtemps, atteignant facilement 8 heures.

b) Pénicillines retard à long terme.

Les préparations huileuses dérivent toutes de la formule proposée par Romansky et Rittman. C'est un mélange de 1 à 2 cc d'huile d'arachide et de 4 % de cire d'abeille, auquel on incorpore la pénicilline. Cette préparation est stable à la température ordinaire, et conserve son activité pendant 30 à 60 jours à 37°. Si ce produit à l'immense avantage de réduire le rythme des injections à une ou, au maximum, deux injections par jour, il n'est pas sans inconvénients. Il faut fluidifier le contenu de l'ampoule au bain-marie à 100° pendant quelques minutes, remplir ensuite la seringue, tiédie au préalable, avec une grosse aiguille ; le matériel doit être rigoureusement sec, la préparation se solidifiant au contact de l'humidité. Chaque injection laisse persister après elle un nodule huileux douloureux, parfois lent à se résorber. C'est donc une préparation difficile à utiliser pour un traitement prolongé.

L'allongement de la courbe d'élimination est très net ; l'élimination complète d'une dose de 200.000 unités s'étale sur 24 heures : (courbe 5).

D'autres huiles ont été employées comme l'huile de coton (Libby) ; diverses huiles animales, mieux résorbées, sont à l'étude.



Courbe V

Certains auteurs ont prôné la gélatine, l'agar, la méthyle-cellulose avec des résultats variables.

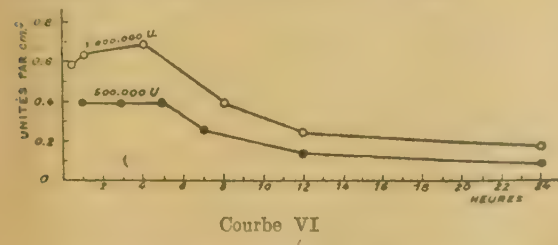
Une variante intéressante est actuellement proposée aux Etats-Unis sous le nom de *Duracillin* ; il s'agit d'une procaïnate de pénicilline contenant 41,5 % de procaïne base, en suspension dans l'huile de sésame. D'après les auteurs, on retrouve après une injection de 300.000 unités au bout de 12 heures, 0,45 unités de pénicilline par cc de sang et au bout de 24 heures 0,13 unités.

D'autres préparations huileuses sont à *double effet retard,* le retard étant provoqué, d'une part, par le véhicule huileux, d'autre part, par l'emploi d'un sel organique non soluble de pénicilline.

Parmi elles nous n'avons personnellement expérimenté que le sel de pénicilline du 5-vinyl-quinuclidyl-(2) - 6 - methoxyquinolyl-4-carbinol ou Peni-Quinyl. Ce sel est présenté en suspension huileuse dans l'huile d'olive ; après de nombreux essais, Pénau et ses collaborateurs se sont ralliés, comme véhicule, à l'huile d'olive contenant 20 % de solvant P. Les injections de 2 à 3 cc ne nécessitent pas de chauffage réalable, mais il est indispensable d'utiliser une aiguille de gros calibre et une seringue sèche.

La préparation est indolore ; elle se résorbe assez bien et reste bien tolérée, même après un traitement prolongé.

La concentration bactériostatique sanguine se prolonge pendant plus de 24 heures, parfois même atteint ou dépasse 48 heures..



Courbe VI

La méthode présentée en 1946 par Espinosa et Corria mérite qu'on la décrive. Ces auteurs choisissent, comme solvant de la pénicilline 5 cc d'une solution contenant 2 % de citrate de soude et 2,7 % de procaïne dans l'eau distillée ; ils introduisent cette solution dans une seringue, complètent à 10 cc avec du sang frais prélevé par ponction veineuse ordinaire, agitent et réinjectent le tout au malade par voie intra-musculaire. Les dosages montrent montrent que la pénicilline se retrouve dans le sang 24 heures et parfois même 48 heures après une injection unique.

Dernière née, *la Flocilline,* a essayé d'accumuler l'effet retard de plusieurs véhicules ; elle est constituée par une suspension de pénicilline dans un mélange d'huile d'arachide, de monostéarate d'aluminium et de procaïne ; elle donnerait un retard de plus de 24 heures.

3° Streptomycine retard

Les tentatives de préparation d'une streptomycine retard n'ont jusqu'ici pas été couronnées de succès ; les *suspensions huileuses de streptomycine* sont difficiles à manipuler, et donnent des résultats irréguliers ; mettant à profit la constitution chimique de la pénicilline et de la streptomycine, un *pénicillinate de streptomycine* est actuellement à l'étude ; on envisage d'autre part la préparation de sels de streptomycine de certains acides gras.

4° Thrombine retard

Les modificateurs du temps de coagulation actuellement à l'ordre du jour, sont également des médicaments réclamant de façon instante une *élimination lente et parfaitement régulière.*

Parmi eux, *la Thrombine* tient une place particulièrement importante.

En traitement local, le problème « retard » a été résolu par l'utilisation *d'éponges de gélatine* imbibées de thrombine ; c'est sous cette forme que l'utilisent les chirurgiens.

L'introduction de thrombine par voie générale accroît les capacités hémostatiques du patient. Dans ces conditions, l'emploi d'une Thrombine Retard, permet d'envisager des traitements de longue haleine, tel celui de l'hémophilie.

A priori, il pourrait sembler dangereux d'administrer la thrombine par voie veineuse ; cependant, si l'on en croit l'hypothèse de Davis, celle de Quick et Nolf, la thrombine à doses thérapeutiques n'agit pas directement ; mise en réserve sous forme de métathrombine, elle est libérée à la demande par les tissus. L'expérience confirme l'hypothèse et montre que la thrombine peut s'administrer par voie veineuse. M. Dechaume, G. Grut et M. Goudaert

proposent une thrombine retard préparée de la façon suivante : à 3 gouttes de thrombine représentant 75 unités upjohn, ils ajoutent IX gouttes de solvant :

a) soit de l'eau distillée ;
b) soit du glycocolle à 10 % ;
c) soit de l'hyposulfite de magnésie à 5 % ;
d) soit un mélange d'hyposulfite de magnésie à 5 % et de glycocolle à 5 %.

Ils obtiennent ainsi diverses thrombines retard qu'ils essaient soit vis-à-vis de fibrinogène, soit vis-à-vis de plasma citraté.

Chez le malade les dernières préparations multiplient par quatre l'effet retard de la thrombine ordinaire.

Nous ne saurions mieux faire que de rapporter les conclusions des auteurs :

« Les injections intraveineuses de 75 unités upjohn de thrombine, mélangée au glycocolle, sont parfaitement bien tolérées ; elles diminuent le temps de coagulation. » Cette thrombine dite médicale, constitue un traitement d'urgence capable de juguler des accidents hémorragiques non vasculaires.

« L'association à cette thrombine d'une solution d'hyposulfite de magnésie à 5 % donne une thrombine retard qui agit moins vite, plus longtemps et avec plus d'intensité. Avec ce produit on peut espérer se rapprocher d'un traitement de fond efficace de l'hémophilie. »

Ajoutons, qu'il n'y a pas incompatibilité entre thrombine et subtosan ; Lian, Siguier, Piette, Poulain et Sarrazin ont récemment insisté sur l'intérêt clinique de l'association thrombine-hyposulfite de magnésie et subtosan.

5° Héparine retard

Les anticoagulants peuvent aussi demander un traitement prolongé et régulier ; *l'antivitamine K* administrée *per os*, n'a pas fait l'objet d'étude dans ce sens ; il n'en est pas de même de *l'Héparine*, pour laquelle on a tenté, en Suède en particulier, de trouver un support capable de prolonger son effet et d'atténuer la brutalité de son action. Le véhicule choisi était un sérum gommé.

6° Autres médicaments

A côté de ces diverses préparations « retards » on a essayé d'étendre à plusieurs préparations médicamenteuses l'effet retard du Subtosan, parmi elles nous citons :

— *Le Syncortyl Retard*, étudié expérimentalement par J. Pellerat, R. Maral et Mlle Murat ; il s'agit d'un extrait cortico-surrénal associé au subtosan ; les auteurs ont choisi pour test d'efficacité l'appréciation de l'hyperglobulie (symptôme fidèle de l'insuffisance surrénale) ; Sedallian, Pellerat, Moinecourt et Maral appliquent cette préparation au traitement de la diphtérie maligne.

— *La Post Hypophyse Retard* (A. Claisse et H. Choay), trouve son application dans le diabète insipide, ou l'on peut remplacer les quatre injections quotidiennes banales par deux injections de 20 unités de post-hypophyse subtosan.

— Pour pallier à l'effet sclérosant des injections répétées de *salicylate de soude* par voie veineuse, Pellerat propose une solution novocaïnée à 1 % contenant 4 grammes de salicylate de soude pour 20 cc de subtosan, injectable par voie musculaire, et dont l'effet se prolongerait 24 heures.

— Citons enfin l'emploi de *Novocaïne Subtosan* en injections locales et *d'Opiacés-Subtosan*.

III°. — DISCUSSION

Telles sont les diverses préparations retard actuellement utilisées. Parmi elles, les *Insulines* et les *Pénicillines Retard* ont pris place dans l'arsenal thérapeutique; le laboratoire nous offre des produits solidement contrôlés, d'une efficacité certaine et soutenue, capables de maintenir dans l'organisme un taux thérapeutique pendant 6 à 24 heures, selon la préparation envisagée.

La *Thrombine Retard*, l'*Héparine Retard* en sont encore aux phases d'expérimentation, mais on peut espérer voir naître prochainement une médication efficace et pratique contre divers troubles de la crase sanguine.

Les *autres préparations retard* ont actuellement un intérêt beaucoup plus restreint, et ne restent guère qu'une utilisation ingénieuse des propriétés « retard » du subtosan.

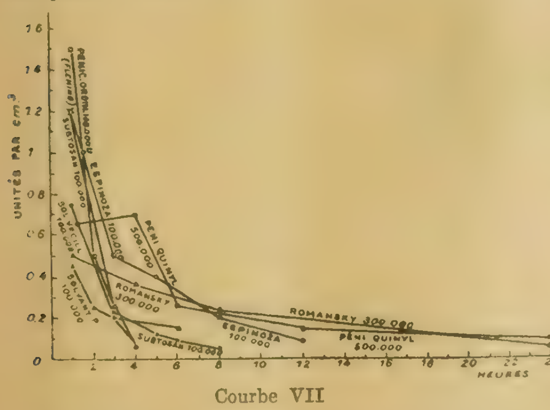
L'utilisation des préparations retard ne présente pas de difficulté particulière; la seule précaution à prendre, au début du traitement d'une affection aiguë grave, avec les *préparations pénicillinées*, consiste à injecter simultanément, lors de la première piqûre, une forte dose de pénicilline aqueuse, pour obtenir plus rapidement dans le sang une pénicillinémie efficace.

Ces solvants, en plus de la réduction considérable du nombre des injections quotidiennes, ont sur le sérum physiologique un autre avantage : celui d'étaler la courbe d'élimination médicamenteuse et surtout d'éviter, au cours des quarts d'heure qui précèdent l'injection suivante, les risques de doses sous-thérapeutiques.

Pendant longtemps, les clochers de pénicillinémie ont eu leurs partisans, et on s'est attaché à provoquer chez le malade en cours de traitement l'apparition périodique de ces clochers, auxquels on attribuait une action comparable à un coup de bélier périodique; les faits expérimentaux et cliniques infirment cette façon de voir.

En définitive, ce qui compte c'est la *régularité* des courbes de pénicillinémie, le maintien, sans discontinuité, dans le sang, d'un taux bactériostatique ou même bactériolytique. Si on considère une courbe d'élimination sanguine de la pénicilline, entre la pénicillinémie maxima et l'élimination complète, on constate qu'elle se rapproche d'une exponentielle ; nous serions presque tentés, si la chose pouvait se faire mathématiquement, d'apprécier une préparation pénicillinée par l'étude de la pente de la courbe d'élimination, la préparation idéale étant celle dont la pente tend vers l'horizontale tout en demeurant à un certain niveau, variable d'ailleurs selon la résistance du germe et le comportement du malade du point de vue de l'élimination.

Nous réunissons ci-dessous les courbes de pénicillinémies moyennes que nous avons obtenues avec diverses pénicillines retard essayées (courbe VII).



Courbe VII

Ces résultats ont été établis d'après de nombreux dosages, mais il ne faut cependant pas accepter comme absolus les chiffres apportés, car les facteurs individuels d'élimination ont un rôle primordial.

En matière d'*Insulinothérapie*, ces faits sont bien connus, et, outre les doses, il faut adapter à chaque malade le rythme des injections ; l'insuline protamine-zinc elle même reste efficace selon les cas, pendant 25 à 30 heures ; au cours du traitement d'un diabète sérieux il est habituel d'établir une courbe des glycémies et des glycosuries du malade afin de choisir doses et rythme efficaces. Avec les solutions de pénicilline en eau physiologique, 70 % à peine des malades entrent dans le cadre de la règle de 3 heures ; il en est de même avec la pénicilline retard, et tel malade qui élimine une dose de 50.000 unités de pénicilline en eau physiologique en 2 heures, élimine en 4 à 5 heures 200.000 unités de Subtosan, en 15 à 18 heures 500.000 unités de Peniquinyl ; dans ce cas le risque est grand ; selon la préparation choisie le malade restera de 3 à 9 heures sans traitement, ou, ce qui est plus grave encore, avec un traitement insuffisant ; il convient donc, lorsque l'on prescrit ces préparations au cours d'affections graves, de contrôler le taux sanguin de pénicilline par des dosages et d'établir pour le malade une courbe d'élimination ; une épreuve préliminaire de l'élimination urinaire de la P.S.P. permet d'ailleurs de prévoir l'élimination de la pénicilline.

Outre les variations individuelles nous avions été frappés, au cours des nombreux dosages de pénicilline que nous avons pratiqués par des variations d'allure de la courbe de pénicillinémie, chez un même sujet, selon la phase du traitement pendant laquelle elle était établie ; H. Velu nous en donne une explication très judicieuse, qu'il a bien voulu nous permettre de reproduire ici ; il distingue, au cours d'un traitement prolongé par la pénicilline retard :

a) *Une Pénicillinémie initiale*, consécutive à la première injection ; cette pénicillinémie comporte un clocher net, et une queue d'élimination ; son étude n'a d'intérêt que pour les traitements brefs, en une ou deux injections (traitement des blennorragies par exemple.)

b) *Une Pénicillinémie d'accumulation*, qui caractérise le traitement en cours. La répétition des injections de pénicilline retard provoque dans le sang l'accumulation de l'antibiotique, l'apport de pénicilline dépassant fréquemment, au cours des premières injections, l'élimination urinaire ; il se fait ensuite un équilibre ; la courbe de pénicillinémie en prend un caractère particulier, tendant en particulier à estomper les clochers et à s'aplanir. L'allure de la courbe, outre les variations individuelles, est fonction du produit retard utilisé, de la dose administrée et du rythme des injections ; lorsque l'on accélère ce rythme la courbe de pénicillinémie devient véritable-véritablement horizontale et ne connaît plus de clochers (par exemple en répétant toutes les six heures les injections de Peniquinyl).

C'est à cette phase que se rapportent toutes nos courbes ; c'est elle en effet qu'il convient d'étudier au cours d'une affection de longue haleine telle qu'une endocardite.

c) *Une Pénicillinémie d'élimination*, queue de la pénicillinémie après la fin du traitement; avec certains produits, après un traitement prolongé, cette élimination peut être fort lente; après un traitement de 10 à 20 jours par le Péniquinyl, Velu a mis en évidence une pénicillinémie de l'ordre 0,07 unités au 10e, et même au 18e jour qui suit l'arrêt du traitement ; il y a donc lieu, lors de l'institution du traitement, d'en tenir compte.

Aucune recherche analogue n'a été faite pour les autres préparations retard mais sans aucun doute on retrouverait les mêmes phases.

⁂

En terminant nous désirons insister sur les longues et minutieuses études que nécessitent chacune de ces préparations ; le solvant une fois choisi, il a fallu avant de la juger faire de nombreuses courbes d'élimination chez l'animal puis chez l'homme, faire varier l'un après l'autre quantité de facteurs.

Avec la vogue immense de la pénicillinothérapie, l'habitude s'est répandue dans beaucoup d'officines de préparer une « pénicilline retard », sans contrôles suffisants, sans outillage adéquat (matériel aseptique, vêtements spéciaux stériles, air conditionné, rayons abiotiques, etc...). Cette pénicilline dite « retard » est mise à la disposition des médecins et des malades sans garantie aucune ; elle est proposée pour un délai d'efficacité fantaisiste ; souvent, elle s'élimine d'une façon irrégulière, et donne à l'usager une fausse sécurité ; nous ne saurions trop mettre en garde contre ces préparations « maison ».

Si le champ des Insulines retard reste à peu près stabilisé, par contre ces trois dernières années ont vu éclore dans le domaine des pénicillines retard d'importants progrès. Les études se poursuivent vers de nouvelles préparations et nous verrons probablement surgir d'autres complexes dépourvus de toute action secondaire liée au véhicule, dont on n'aura à redouter, ni une action dépressive en cas d'affection aiguë, ni une accumulation au cours d'un traitement de longue durée.

B. Sureau et Ch. Junod.

Au moment de mettre sous presse, nous avons connaissance de la très intéressante étude de MM. Andrieu, Monnier et Mme Enjalbert (Société de Médecine de Toulouse, 21 décembre 1948).

Ils obtiennent des courbes de pénicillinémies tout à fait comparables aux nôtres; cependant, nous ne partageons pas les conclusions auxquelles les auteurs aboutissent :

1) Sur le plan clinique, les affections aiguës réagissent aussi bien aux pénicillines retard qu'aux pénicillines ordinaires, à condition toutefois d'associer à la première injection de retard une injection de pénicilline ordinaire, qui permet d'atteindre immédiatement une pénicillinémie thérapeutique.

2) Les variations individuelles de résorption et d'élimination de pénicilline, bien connues avec la pénicilline ordinaire, se retrouvent avec plus de relief pour les préparations retard.

Aussi est-il particulièrement important, pour un malade grave de contrôler la courbe de pénicillinémie et d'y adapter le rythme des injections retard.

3) La pénicillinothérapie préventive reste discutable dans son principe.

BIBLIOGRAPHIE

Boulin (R.). — Les nouvelles Insulines *Presse Médicale*, 26 janvier 1938, p. 137.

Chabbert (Y.). — Contribution à l'étude du dosage de la Pénicilline en clinique. Applications de la méthode B. Sureau. *Thèse*, Bordeaux, 1947, 130 pp. Imp. Péchade.

Dechaume (M), Grut (G.) et Goudaert (M.). — La Thrombine et la Thrombine Retard, modificateurs du temps de coagulation, *Presse Médicale*, 1er mai 1948, n° 26, pp. 317-318.

Durel (P.) et Laroux (P). — Sur un nouveau véhicule retard pour les médicaments. *Gazette Médicale de France*, 1946 n° 6, p. 151.

Espinosa (M.) et Corria (R.). — Mode d'administration de la Pénicilline. *Brit. Med. J.*, 1er février 1947, n° 4491, p. 197.

Fabre (René). — Les médications retard. Acquisitions médicales récentes. Conférences de l'hôpital Broussais. 1948. (Sous presse.)

Harvier. — Essais cliniques comparés de l'Insuline ordinaire, de l'I. P. Z. et d'une insuline associée au subtosan. *Paris Méd.*, 8 février 1947, p. 57.

Herrel (W. E.), Nichols (D. R.) et Heilman (F. R.). — Procaïn penicillin G (Duracillin) ; a new salt of Penicillin wich prolongs the action of Penicillin. *Proc. Staff. Mayo Clin.*, 10 déc. 1947, *12*, pp. 527-570.

Levaditi (C.), Penau (H.) Vaisman (A.) et Hagemann (G.). — Activité thérapeutique de l'ester méthylique de pénicilline et de l'association liposoluble de cet ester et du Bismuth. *La France Médicale*, octobre 1946 n° 10, pp. 1 à 7.

Lian (C.), Siguier (F.), Piette, Poulain et Sarrazin. — Thrombine Retard comme traitement de fond de l'Hémophilie. *Bull. Acad. Méd.*, séance du 22 juillet 1947.

Maral (R.). — Contribution à l'étude du dosage de la pénicilline dans le sang et des substances retard en pénicillinothérapie. *Thèse*, Lyon, 1947, 67 pp., Imp. Bosc.

Martin (R.) Sureau (B.), Chabbert (Y.) et Junod (Ch.). — La Pénicilline Retard. Préparations; posologie; indications. *La Semaine des Hôpitaux.* (Sous presse.)

Morgenstern et Grimberg. — Pénicillinothérapie Retard. *Presse Médicale*, 24 mai 1947, p. 360.

Rammelkamp (C. H.) et Bradley. — Excretion of Penicillin in man. *Proc. Soc. Exper. Biol. a Med.*, 1943, *53*, p. 30.

Romansky (M. J.) et Rittman (G. E.). — Un moyen pour prolonger l'action de la Pénicilline. *Science*, 1er septembre 1944, *100*, pp. 196-198, et *Bull of U. S. A. Army Depart.*, octobre 1944, p. 43.

Velu (H.). — La Pénicilline Retard et les notions nouvelles qu'elle apporte en pénicillinothérapie. *Acad. de Médecine.* (En préparation.)



bibliographie

BOLL. (Marcel) — Matière, Electricité, Radiations. 1 vol., 128 p. Bibliothèque des Chercheurs et Curieux, Paris, 1948. Delagrave, édit.

Dans ce petit livre, M. Marcel Boll se propose de présenter à un très vaste public les résultats obtenus par la physique moderne dans des domaines où ceux-ci sont devenus aujourd'hui spectaculaires ; mise en évidence et conséquences de la structure moléculaire et atomique de la matière, particules élémentaires : électrons, protons et neutrons, interactions entre le rayonnement électromagnétique et la matière.

Le souci de rendre compréhensible, à un très grand nombre de lecteurs, des phénomènes souvent très complexes (que les spécialistes considèrent même quelquefois comme mal connus) a conduit l'auteur à exclure totalement toute formulation mathématique et par suite à présenter plutôt une description interprétative (qui semble quelquefois très discutable) qu'une explication rationnelle des phénomènes considérés.

G. PETIAU.

CHAMPETIER (G.). — Les molécules géantes et leurs applications. Un volume 14,5 × 19,5, de 464 pages, avec 86 figures in-texte. Edit. Abin Michel, Paris 1949. Prix, broché: 720 fr.

L'auteur, Maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Paris, définit d'abord les notions de molécules et de macromolécules, puis examine l'état naturel et les mécanismes de synthèse des composés monomoléculaires. Après un aperçu sur la détermination des grandeurs macromoléculaires, il étudie les propriétés chimiques, physiques ou mécaniques des composés macromoléculaires.

La seconde partie du livre est consacrée à l'étude des divers composés macromoléculaires. En premier lieu, les hauts polymères minéraux depuis le carbone jusqu'aux silicates et aux verres. Un chapitre traite des silicones, nouveaux composés macromoléculaires organo-minéraux aux propriétés étonnantes. Parmi les hauts polymères organiques figurent les dérivés polyvinyliques, les caoutchoucs naturels et synthétiques, les polyamides avec le Nylon, les phénoplastes, les aminoplastes, les polyesters, sources de matières plastiques importantes, ainsi que les huiles polymérisées utilisées dans l'industrie des peintures et vernis. Dans un dernier chapitre, l'auteur passe en revue les composés biologiques macromoléculaires : cellulose et dérivés cellulosiques, constituants des rayonnes et des matières plastiques, amidons, et substances apparentées, protéides fibreux constituants de la laine, de la soie, des fibrilles musculaires, et enfin les protéides globulaires. L'ouvrage se termine sur le point d'interrogation posé par les virus-protéines et sur la liaison entre le grain de matière inerte constitué par une macromolécule organique et l'élément organisé de matière vivante que forme une cellule.

E. CATTELAIN.

FAVRE (Henri). — Cours de mécanisme T. II. Dynamique des corps solides rigides. Un vol. de 434 p., 16,5 × 25, 164 fig., Paris 1947. Dunod, édit. Prix 1.380 fr.

Le tome I (statique) de ce cours professé à l'Ecole Polytechnique fédérale de Zurich, a été déjà examiné ici par par M. J. Villey (T. 54, 1947, p. 183-4). Le tome II est consacré à l'étude de la dynamique ; dynamique du point matériel, du corps solide rigide, des systèmes.

La première partie (chap. XV à XVIII) expose la cinématique, puis la dynamique du point matériel libre, les notions de travail, d'énergie, de champ de force, la dynamique du point matériel lié à une couche ou à une surface La seconde partie (chap. XIX à XXII) étudie successivement la cinématique du corps solide, la théorie du mouvement relatif, les théorèmes généraux de la dynamique du corps solide, le mouvement du corps solide autour d'un point fixe. La troisième partie (chap. XXIII à XXVII) est consacrée à l'étude du principe des travaux virtuels, des théorèmes généraux de la dynamique des systèmes, aux équations de Lagrange, à la théorie des choses et percussions, aux principes d'Hamilton et de moindre action.

La clarté remarquable de l'exposition doit faire de cet ouvrage, qui ne s'écarte pas du plan classique des cours de mécanique rationnelle, un instrument de travail de premier ordre pour les étudiants et les élèves ingénieurs.

G. PETIAU.

FLEURY (P.) et COURTOIS (J.). — Les Diastases. Un volume in-16 de 216 pages. Edit. Armand Colin, Paris, 1948. Prix, broché : 150 fr.

Nul n'ignore l'éclatant développement de la biochimie depuis le début du XXe siècle, que les multiples applications de ses découvertes dans le domaine pratique signalent au grand public. L'étude des diastases, ces agents qui semblent nécessairement présider aux incessantes transformations dont la matière vivante est le siège, en constitue un des chapitres les plus passionnants.

MM. P. Fleury et J. Courtois, que leur enseignement à la Faculté de Pharmacie de Paris et leurs recherches au Laboratoire désignaient tout particulièrement pour cette tâche, font aujourd'hui le point de nos connaissances dans ce domaine.

Leur large exposé des résultats acquis à l'heure actuelle, qu'ils font précéder d'un historique des recherches depuis la période encore récente de la connaissance empirique des réactions diastasiques, ne néglige aucun des aspects du sujet et précise, à l'intention des chercheurs, les problèmes qui se proposent toujours à leurs investigations.

A égale distance des grands traités spéciaux, réservés aux spécialistes, et des précis qui ne peuvent consacrer aux diastases qu'un espace restreint, la vue d'ensemble que nous donnent MM. P. Fleury et J. Courtois s'adresse également aux étudiants désireux de compléter leurs connaissances, comme aux chercheurs qui, avant d'aborder ce nouveau sujet, tiennent à se familiariser avec lui. Et, à notre époque où les progrès de l'industrie comme de la thérapeutique se réalisent au laboratoire, elle intéressera tous les esprits curieux de notions exactes sur les phénomènes de la matière vivante.

E. CATTELAIN.

FONTANGES (général de). — Topographie. Un in-16, 46 figures, 224 p. Coll. Armand Colin, Paris. Prix : 150 fr.

Ce livre clair et concis facilite l'initiation aux techniques de la topographie, et permet de tirer le maximum de rendement des cartes topographiques, dont l'usage se fait chaque jour plus fréquent.

L'exposé de l'auteur, qui dirigea longtemps la section de topographie au Service Géographique de l'Armée (devenu Institut géographique national) convient à faire mesurer les

difficultés auxquelles se heurtait l'élaboration des cartes et l'élégance des méthodes qui ont permis de les résoudre. Chose attrayante, on y trouve l'histoire de la cartographie, depuis les premiers essais des anciens jusqu'aux méthodes récentes, appuyées par les procédés mécaniques de la phototopographie terrestre et aérienne.

Croquis, représentations d'appareil se joignent aux qualités du texte pour donner à l'ouvrage un caractère éducatif qu'apprécieront à la fois les étudiants et les praticiens.

G. BOULIGAND.

GUENTHER (Ernest). — The Essential Oils. Vol. I (D. Van Nostrand Company Inc., New-York ; Macmillan and Company Ltd. Londres. Prix : 6 $ ou 33 Sh.) 1948.

M. Ernest Guenther, qui est vice-président et directeur technique de la firme Fritzsche Brothers Inc., à New-York, présente le premier tome d'une collection consacrée à l'importante question des huiles essentielles. Bien que, par sa situation, M. Guenther disposait de documents importants, il n'a pourtant pas hésité à consulter de nombreux spécialistes et à s'assurer la collaboration effective de chimistes organiciens, de biochimistes et d'analystes.

Le premier chapitre, rédigé par M. George Urdang, directeur de l'Institut américain de l'histoire de la pharmacie à Madison, est consacré à un court exposé de l'historique des huiles essentielles et de leur développememnt industriel.

Le deuxième chapitre, dû à M. A. J. Haagen-Smit, professeur à l'Institut de Technologie de Californie, traite d'une manière générale de la Chimie des terpènes, de leur biogénère dans les plantes ainsi que des diverses hypothèses émises au sujet de leur rôle dans le métabolisme des plantes.

Le troisième chapitre, présenté par M. Ernest Guenther, décrit avec de nombreuses données théoriques les diverses méthodes de production des huiles essentielles : distillation, entraînement à la vapeur d'eau (hydrodistillation), enfleurage, macération et extraction avec solvants volatils.

Le quatrième chapitre, a été confié à M. Edward E. Languenau, directeur du Laboratoire de la Fritzsche Borthers Inc. Il a trait au contrôle analytique des huiles essentielles et des produits synthétiques.

Dans un appendice on trouve de nombreuses tables concernant les constantes physiques les plus utiles des principaux composés rencontrés dans les huiles essentielles. Ces tables sont d'ailleurs précédées d'une vue d'ensemble sur les utilisations pratiques des huiles essentielles qui montrent aisément que « dans l'espace d'une journée, du matin au soir, chaque homme consomme une grande variété d'huiles volatiles provenant d'ailleurs de divers coins du monde ».

Il convient de signaler que ce livre contient non seulement des références bibliographiques dans le texte, mais en plus un grand nombre de références sélectionnées et groupées.

Ce livre, abondamment illustré et parfaitement documenté, constitue une sorte d'introduction à une série d'autres volumes qui traiteront des constituants chimiques des huiles essentielles, des diverses espèces d'huiles essentielles, de leur origine botanique et géographique, de leurs méthodes de production, de leurs propriétés physicochimiques, de leurs essais et leurs usages.

Il n'est pas douteux que cette collection sera favorablement accueillie par tous ceux qui, de près ou de loin, s'intéressent aux huiles essentielles, à leur industrie et à leurs utilisations.

A. WILLEMART.

HOWELLS (W.). — Préhistoire et Histoire naturelle de l'Homme. (Les animaux et la venue de l'Homme. L'Homme et la venue de l'« Homo sapiens ». L'« Homo sapiens » et l'apparition des races). Un volume in-8°, 331 pages, 38 figures. « Bibliothèque scientifique », Paris, 1948, Payot, éditeur. (Prix : 750 francs.)

Cet ouvrage n'est pas un Manuel de Préhistoire, mais un livre très exactement consacré, comme l'annonce le sous-titre, à l'histoire naturelle de l'Homme.

Publié d'abord en Amérique sous le titre de « Mankind so far », c'est un excellent exemple de cette littérature de haute vulgarisation scientifique dont le succès est toujours très grand dans les pays anglo-saxons. Il est écrit par un spécialiste sachant toucher un large public en utilisant un langage simple pour exprimer des problèmes parfois difficiles. Le lecteur n'a pas l'occasion de l'inquiéter, puisque l'auteur, « homo sapiens », ne lui affirmant rien « ex cathedra », lui montre toutes les pièces d'un puzzle à plusieurs entrées, avec les diverses manières de s'en servir.

La première partie (pp. 1-124) est réservée à l'exposé des données sur l'évolution des Mammifères, et plus particulièrement des Primates.

La seconde partie (pp. 125-225) traite des Hommes fossiles, en commençant par les Pithécanthropes et les Sinanthropes, admis ici parmi les Hominiens. Viennent ensuite l'Homme de Piltdown (à crâne de type moderne et mâchoire chimpanzoïde), les Hommes de Néanderthal, les « Homo sapiens » du Paléolithique supérieur, puis ceux du Paléolithique inférieur, dont on ne peut plus nier l'existence.

Dans la troisième partie, l'auteur tente une explication de l'origine et de la répartition géographique des races actuelles.

Ajoutons que le traducteur, M. Chevalier, a réussi à transposer dans le texte français tout l'humour qui anime le texte américain.

R. FURON.

LALANDE (André), Membre de l'Institut. — **Vocabulaire technique et critique de la Philosophie. Cinquième édition.** — Un volume grand in-8° de XXII-1.280 pages. Presses Universitaires, Paris, 1948. Prix, broché : 1.100 francs.

Pour adapter aux sciences la langue ordinaire, pour y exprimer faits et idées en train de poindre, il est utile de considérer la langue philosophique et l'accord qu'elle réalise en leurs grandes lignes avec les doctrines spécialisées, après en avoir extrait la quintessence. Le vocabulaire de la philosophie fournit à cet égard une base, car il évolue plus lentement que le matériel verbal sollicité dans les techniques particulières. Il témoigne ainsi d'une tendance de la pensée, en ses divers secteurs d'action, à rester partout comparable à elle-même aussi bien qu'à demeurer stable pour une durée assez longue. D'où, pour qui participe à l'activité scientifique, l'utilité de consulter souvent une œuvre lexicographique autorisée et largement ouverte à toutes les branches de la connaissance.

Dans ce sens, la cinquième édition du grand ouvrage de M. André Lalande, progressivement enrichi par lui-même et par de nombreux collaborateurs, offre des avantages inégalés jusqu'ici. A son excellente disposition matérielle, il joint celui d'intégrer un ample répertoire de soutien, pour maint lecteur de la présente Revue. En mathématiques, par exemple, sa valeur est garantie par la participation de M. Jacques Hadamard.

Il convient de signaler, parmi les articles ajoutés :

Approcher, Approximation, Dénombrable, Dirigé, Espace-temps, Evénement, Existentialisme, Incompatible, Infini, Infinité, Infinitude, Mesure, Métamathématique, Minimum, Plurivalent, Plurivoque, Scalaire ...;

Et, parmi les articles mis à jour :

Déduction, Dialectique, Existence, Logique, Loi, Tautologie ...

Ces exemples laissent percevoir ce qu'est le **coefficient scientifique** de l'œuvre, dans son ensemble, coefficient dont le choix comporte une certaine discrétion, sans laquelle le noyau proprement philosophique se chargerait vite de satellites instables. Mais en évitant les difficultés de ce genre, le travail accompli par M. André Lalande et par la Société de Philosophie verrait son efficacité s'accroître s'il était ramifié par quelques suppléments. Des efforts se font actuellement autour du vocabulaire technique mathématique, pour lequel d'utiles mises au point s'imposent. Alors que le logi-

cien dispose des mots **saturé** (ou maximal), **irréductible** (ou minimal), est-il permis de dévier l'épithète en parlant d'un système orthogonal complet (terme, appelé à un autre sens en topologie générale)?

Les suppléments auxquels je pense devraient s'en tenir aux parties des sciences mathématiques, physico-chimiques, biologiques, ayant un intérêt philosophique éprouvé, en laissant de côté le trop spécial.

Et ce vœu s'ajoute à l'humble hommage ici rendu à l'œuvre d'André Lalande.

G. BOULIGAND.

Les grands courants de la pensée mathématique, présentés par F. LE LIONNAIS. — Editions « Cahiers du Sud », 1948, 16×22, 534 pages.

Avec la tendance actuelle à la spécialisation, la nécessité se fait de plus en plus impérieusement sentir d'un humanisme scientifique dégageant la valeur culturelle des savoirs les plus techniques. L'ouvrage que présente M. Le Lionnais, le premier d'une collection « L'humanisme scientifique de demain », où il s'est proposé, en réunissant les contributions de quarante-cinq collaborateurs éminents, de donner une vue d'ensemble des mathématiques, destinée à un public ouvert aux sciences mais non spécialisé en mathématiques et dont le mérite principal est d'en avoir mis en valeur les problèmes et les tendances essentielles, semble satisfaire pleinement à ce besoin.

Il est difficile de donner une analyse détaillée d'un ouvrage qui aborde en profondeur tant de sujets ; il semble cependant que l'on puisse y distinguer cinq grandes catégories d'études.

— La technique des mathématiques : l'exposé des grandes tranches des mathématiques classiques se trouve illustré par les articles de MM. Montel et Valiron sur les fonctions de la variable complexe où se trouve nettement précisée la structure des problèmes, par ceux de MM. Desanti et L. Perrin sur les fonctions de la variable réelle, ce dernier donnant un bel exposé de l'œuvre de Lebesgue, si importante dans ce domaine ; par ceux de MM. Fréchet, Sainte Lague et Thiry sur les espaces. La notion de groupe est abordée par M. Lentin, et M. Fortet expose les tendances modernes du calcul des probabilités. Le rôle des mathématiques est magistralement traité par M. L. de Broglie, ainsi que dans les exposés substantiels de M. Janet et T. Kahan.

— La notion de nombre et ses généralisations : articles de MM. Frechet, Denjoy, Eyraud, Dubreil sur les nombres entiers, algébriques, transcendants, transfinis, complexes et hypercomplexes ; exposé de M. Got sur le dernier théorème de Fermat et les travaux de Kummer.

— L'orientation axiomatique moderne des mathématiques est remarquablement exposée par MM. Bourbaki (L'architecture des mathématiques), Dieudonné (David Hilbert), Godement (Les méthodes modernes et l'avenir des mathématiques) ; enfin M. Bouligand, dans son exposé « Cheminements intuitifs vers les organes essentiels de la mathématique », indique comment accéder aux conceptions modernes de la géométrie et plus généralement de l'organisation axiomatique actuelle des mathématiques.

— L'histoire et la philosophie des mathématiques ; une vue d'ensemble du développement des mathématiques est donnée par M. P. Germain ; monographie des travaux de S. Lie, par M. E. Cartan ; Mme Dubreuil-Jacotin évoque les figures de quelques mathématiciennes célèbres ; enfin M. Rolin-Wavre donne un utile historique des congrès internationaux de mathématiciens. De bonnes pages de M. Ulmo.

— Les mathématiques dans leur rapport avec les autres disciplines : article riche et particulièrement original de M. Le Lionnais sur le beau en mathématiques ; articles suggestifs de MM. H. Martin, M. Roy et J. Chapelon.

Cet ouvrage qui constitue une contribution particulièrement heureuse à la cause de l'humanisme scientifique fait souhaiter une parution rapide des autres tomes de la collection.

M. PARODI.

C. MATHIS et R. PONS. — Manuel de pathologie exotique. Presses Universitaires, Paris, 1948, 642 p. Prix : 1.000 fr.

Ce manuel d'étude des maladies des pays chauds a été spécialement conçu pour le médecin praticien, c'est dire que l'étude clinique, le diagnostic et la thérapeutique ont retenu l'attention particulière des auteurs.

Au paragraphe du diagnostic étiologique de chaque affection, les auteurs ont signalé, avec une compétence reconnue, les différents examens de laboratoires à effectuer en choisissant ceux dont la technique est la plus pure et la plus simple.

Les affections étudiées ont été groupées en cinq rubriques, d'après la nature de l'agent pathogène : protozoaires, bactéries, ultra-virus, champignons, helminthes.

L'essentiel de nos connaissances immunologiques ou épidémiologiques est exposé avec clarté dans chaque chapitre. Ces qualités jointes à la concision de cet ouvrage aideront à son succès auprès des médecins coloniaux.

Ceux qui sont moins au courant de l'état actuel de la pathologique exotique liront avec facilité ce brillant exposé.

Dr EYQUEM.

RADO (Tibor), professeur de mathématiques à Ohio State University. — **Length and area** (longueur et aire). Vol XXX des Colloquium. Publications de la Société américaine de Math. Relié, grand format, 572 pages, New-York, 1948. Prix non indiqué.

Longueur d'un arc de courbe, aire d'une portion de surface, voilà des notions familières et qui cependant, par leurs dispositions multiples et inconciliables au delà des cas usuels, sollicitent plus que jamais l'attention des géomètres ! A ce point que, spécialiste éminent du sujet, l'auteur du présent volume, a dû consentir à une limitation assez étroite, ouvrant une zone d'accès en cette forêt vierge ! C'est ce qu'il réalise en tablant sur les idées fondamentales de Lebesque et de Goöcze.

Une introduction substantielle montre bien qu'il faut ici se restreindre.

Il importe d'abord de préciser le champ de validité des intégrales convenant, dans les cas réguliers, à exprimer la longueur du trajet décrit par un point M(u), l'aire de la portion de surface décrite par un point M(u, v). Si l'intégrale de Lebesque s'impose à cette occasion, son pouvoir est limité : elle échouerait devant un calcul de longueur pour une fonction vectorielle M(u) non absolument continue. En outre, pour l'aire, on voit croître les difficultés, qui s'annonçaient avec l'exemple de Schwatz. Ainsi, le fait que le bord d'une surface serait une courbe ayant sa mesure d'ordre deux positive s'oppose à une concordance entre la définition tablant sur la semi-continuité inférieure de l'aire et celle qui, liée à la théorie de la mesure, recourrait à un principe de projection.

La voie optima retenue par Tibor Radô, emprunte à Geöcze ce qu'il nomme **principe de projection modifié**, lequel conduit à une notion de l'aire conciliable avec la semi-continuité inférieure. Bien entendu, l'intérêt d'une telle étude est de requérir tout un lot de questions de topologie (continus péaniens, notions générales de courbe, de surface, indice topologique), de théorie moderne de l'intégration et de questions variées d'analyse (transformation planes, dérivées et jacobiens) qui trouvent ici, par devant les objets fondamentaux de l'ouvrage, des enchaînements dignes du plus haut intérêt.

L'ouvrage, sur lequel j'aurai à revenir, à d'autres points de vue, dans le « Bulletin des Sciences Mathématiques » et dans la « Revue Scientifique », s'accompagne d'une bibliographie extrêmement large et d'un index qui en facilite la consultation.

Il n'est pas exagéré de prétendre que cette importante publication est appelée à influencer favorablement, en diverses branches, l'essor des recherches mathématiques.

G. BOULIGAND.

ROUCH (J.), professeur à l'Institut Océanographique. — **Traité d'océanographie physique**, tome III ; Les mouvements de la mer. Un volume in-8 de la Bibliothèque Scientifique, 416 pages, 176 figures. Index alphabétique des trois volumes. Payot, Paris 1948. Prix : 800 fr.

Terminant la publication de son Traité d'Océanographie Physique, le professeur Rouch nous propose son troisième volume. Ce traité étant destiné aux océanographes tant biologistes que physiciens et aux amateurs éclairés, l'auteur expose avec le maximum de clarté des sujets ayant donné lieu à de très complexes développements mathématiques. Il est traité en effet des mouvements de la mer : la houle, les marées et les courants. Il était extrêmement difficile d'en faire un exposé complet sans tomber dans un domaine purement mathématique dans lequel bien peu de lecteurs auraient pu suivre l'auteur. Avec un remarquable esprit de synthèse l'auteur nous en donne l'essentiel et il suffit d'un peu d'attention pour pouvoir comprendre des notions compliquées comme la théorie des marées.

Les méthodes et appareils de mesure sont minutieusement décrits ainsi que leur fonctionnement. De nombreux dessins, schémas et tableaux illustrent le texte.

Le Traité d'Océanographie Physique est d'ores et déjà un classique que tout océanographe se doit de posséder.

J. CHAUX.

SERGENT (Edmond) et SERGENT (Etienne). — **Histoire d'un marais algérien.** 1 vol. in-8 illustré, 293 pages, Alger, 1947 (Edition de l'Institut Pasteur d'Algérie).

L'Afrique du Nord souffrit beaucoup de l'effondrement de l'Empire romain et sa décadence économique ne put être enrayée par les Byzantins. Elle conservait encore les traces de la prospérité romaine au VIIe siècle, lors des premières incursions arabes, mais au XIe siècle l'invasion des Beni Hilal est comparée par les chroniqueurs à un vol de sauterelles. Ibn Khaldoun lui-même écrit dans ses « Prolégomènes »: « Un pays possédé par les Arabes est un pays ruiné... » L'occupation turque n'apporta aucune amélioration.

Dès le début de l'occupation française, le général Clauzel voulut assainir et mettre en valeur la belle plaine de la Mitidja, voisine d'Alger, qui était alors couverte de marécages. En 1841, le général Duvivier parlait avec découragement de « cette infecte Mitidja » qui est devenue un des jardins de l'Algérie. L'assainissement fut long et laborieux, sans cesse retardé par les ravages du paludisme.

Il ne restait plus qu'un ultime vestige des marécages de Boufarik, le marais des Ouled Mendil qui s'étalait encore sur 5 kilomètres carrés, à 25 km. au SW d'Alger. Ce réservoir d'anophèles fut concédé à l'Institut Pasteur d'Alger en 1927.

Les deux animateurs de l'Institut Pasteur, MM. Edmond et Etienne Sergent entreprirent l'assainissement du marais. Le colmatage de la cuvette, le drainage des eaux en excédent, le défrichement, puis la mise en culture, étaient presque achevés en 1939, complètement terminés en 1943. La lutte contre le paludisme fut menée de telle sorte qu'il n'y eut aucun malade parmi les travailleurs. Sur les 360 hectares de l'ex-marais, il y a 45.000 arbres plantés (dont 20 hectares d'eucalyptus), 10 hectares de vignes, 20 hectares de lin, du blé, de l'orge, de l'avoine, du bétail, des prairies et des cultures fourragères. Il y a 15 kilomètres de routes et deux fermes modèles. Les fossés à eau permanente sont entretenus et peuplés de petits poissons américains (des « Gambusia ») qui assurent la destruction des larves de moustiques dans les eaux paresseuses.

C'est l'histoire de cette œuvre magnifique, de cette réussite exemplaire que nous content les deux auteurs de ce livre réconfortant.

R. FURON.

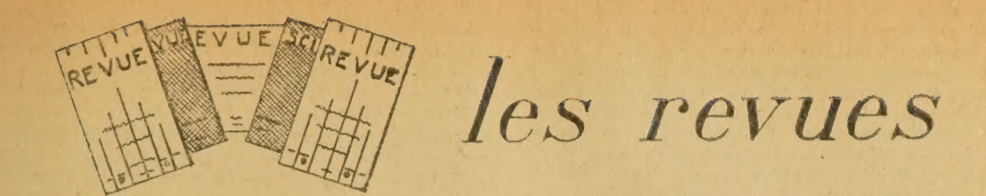
WAKSMAN (Selman A.). — **Antagonismes microbiens et substances antibiotiques.** Traduction de J. Duché. Collection « Biologie des Sols ». Société d'Enseignement supérieur, 99, boulevard Saint-Michel, Paris, 1948. Un volume in-8°, 323 pp., 52 tabl., 33 fig., y compris celles de 13 pl. hors texte. 1.200 francs.

Ce volume paraît sous le frontispice de la « Biologie des Sols », sous lequel paraît également le cours que professe le traducteur, J. Duché, Maître de Recherches de Biologie des Sols au Centre national de la Recherche scientifique. Waksman, connu avant la guerre par ses travaux sur la Microbiologie des sols et, plus particulièrement, par ceux consacrés aux Actinomycètes, a été conduit par les événements à l'étude des substances antagonistes. Sa grande connaissance des Actinomycètes saprophytes lui a permis la découverte de la Streptomycine.

Dans ce volume, Waksman insiste sur la généralité du phénomène d'antagonisme dans la nature. Les premiers chapitres sont relatifs aux habitats des microorganismes (sols et eaux, déchets humains et végétaux), aux interrelations entre les microorganismes dans les populations mixtes. Il donne des indications précises sur les méthodes permettant d'isoler les microorganismes actifs et celles de mesure de l'action antibiotique (ch. 4). Chaque grande classe d'organismes antagonistes fait l'objet d'un chapitre séparé (Bactéries, Actinomycètes, Champignons, Formes animales microscopiques) ainsi que les « Relations antagonistes entre les microorganismes Virus et autres formes pathogènes non spécifiées » (ch. 9). Beaucoup de substances antibiotiques ont déjà été isolées : elles sont de valeur très inégale; Waksman étudie successivement les principales d'entre elles : nature chimique des substances antibiotiques (ch. 10) et nature de l'action biotique (ch. 11); il condense en un tableau (pp. 140-143) les connaissances actuelles sur les plus importantes des substances antibiotiques, leurs propriétés chimiques et leur activité biologique. C'est aussi un chapitre spécial et particulièrement attachant que constitue « l'utilisation des substances antibiotiques dans la lutte contre les maladies » (ch. 12). L'auteur consacre ensuite une dizaine de pages à la lutte microbiologique contre les parasites des sols pathogènes des plantes et conclut par quelques considérations sur l'avenir des substances antagonistes. L'ouvrage se termine par : Classification des substances antibiotiques, Glossaire, Bibliographie et deux Index, l'un des Microorganismes, l'autre général.

Il faut insister sur plusieurs points. Cet ouvrage est très important au point de vue philosophique parce que Waksman envisage l'antagonisme microbien d'une façon très générale. Il est essentiel du point de vue pratique car il rassemble tout ce qu'il faut savoir des méthodes d'isolement, purification, dosage des substances actives, toutes données éparses dans un nombre considérable de publications plus ou moins accessibles. On saura gré au traducteur d'avoir ajouté, aux indications bibliographiques de la deuxième édition de l'ouvrage de Waksman (et qui se compose de 1.053 numéros), toutes celles que l'auteur avait supprimées (après les avoir indiquées dans la première édition). Ce « complément » occupe à lui seul dix pages de petit texte. Des intervalles, des titres, coupent un texte dense qu'éclairent encore des tableaux, des graphiques, des formules chimiques. Le volume comporte encore 13 planches photographiques bien venues. Comme l'écrit le traducteur, « les lecteurs de langue française seront reconnaissants au Professeur S. A. Waksman d'avoir permis la traduction de cet ouvrage d'ensemble (qui) doit servir de base de départ à tous les travaux des jeunes chercheurs que l'étude des interrelations entre les microorganismes intéresse ».

Paul JOVET.



les revues

1° SCIENCES MATHEMATIQUES

BULLETIN OF THE AMERICAN MATHEMATICAL SOCIETY, Vol. 54, 1948, sept.-oct. Menasha et New-York (U. S. A.). — **J. Kaplansky** : Anneaux topologiques. Polynômes dans les champs topologiques. — **P. Erdös** : Sur la différence de deux entiers premiers consécutifs. — **H. N. Shapiro** : Sur un problème de théorie des nombres. — **R. Brauer** : Sur le théorème des zéros de Hilbert. — **S. Mac Lane** : Une méthode non-associative pour les algèbres associatives. — **D. C. Morrow** : Formes quadratiques quaternaires. — **N. A. Wiegmann** : Extension de théorèmes relatifs aux directions principales d'une transformation. — **R. M. Cohn** : Sur les multiplicités singulières d'une différence de polynômes. — **M. Hall** : Représentants distincts des sous-ensembles. — **E. R. Kolchin** : Théorème d'existence lié à la théorie des équations différentielles linéaires et homogènes, de Picard-Vessiot. — **P. Turan** : Quelques exemples dans la théorie des séries entières. — **A S. Amitsur** : Extension d'un théorème sur les équations différentielles linéaires. — **J. L. Walsh** : Sur la place des zéros des dérivées d'un polynôme. — **V. Ramaswami** : Sur le théorème de valeur moyenne des polynômes et formes de Lagrange. — **C. Goffmann** : Démonstration d'un théorème de Saks et Sierpinski. — **O. Frink** : Un critère de convergence basé sur un rapport. — **M. Garcia et G. Hedlund** : Sur la structure des ensembles minimaux. — **S Kaplan** : Un groupe topologique de dimension 0 avec facteur à dimension 1. — **E. G. Bègle** : Groupes topologiques et multiplicités généralisées — **A. H. Stone** : Caractère para-compact et espaces produits. — **W. H. Gottschalk** : Transitivité et égale continuité. — **R. M. Robinson** : Récursion et double récursion. — **C. Truesdell** : Relations entre la théorie des membranes et celle des corps de révolution. — **R. C. Prim** : Sur l'existence de certains écoulements gazeux.

BULLETIN DES SCIENCES MATHEMATIQUES. Tome LXXXII, mai-juin 1948. — **M. Parodi** : Sur la détermination d'une famille de noyaux réciproques. — **J. Haag** : Sur l'approximation des solutions associées d'un système différentiel à coefficients périodiques. — **A. Bloch** : Sur les fonctions bornées à zéros multiples, les fonctions à valeurs ramifiées et les couples de fonctions soumises à certaines conditions. — **R. Doss** : Un théorème ergodique. — **F. Jongmans et L. Nollet** : Classification géométrique des faisceaux de courbes algébriques planes de genre deux.

COMMENTARII MATHEMATICI HELVETICI (O. Füssli, Zurich). Vol. XXI, fasc. 4. — **H. C. Lee** : Sur le théorème de Hurwitz Radon pour la composition des formes quadratiques. — **R. Conzelmann** : Contribution à la théorie des intégrales singulières pour les fonctions de plusieurs variables (II). — **S. Eilenberg** : Relations entre les groupes de cohomologies dans un complexe. — **Ph. Hartman** : Approximation de type newtonien vers un zéro d'une fonction. — **A. Ammann** : Sur les répartitions des suites de nombres réels. — **F. V. Atkinson** : Sur les séries de Stirling.

2° SCIENCES PHYSIQUES

BULLETIN DE LA SOCIETE CHIMIQUE DE FRANCE. Fascicules 7 et 8, juillet-août 1948. — **P. Anziani et R. Cornubert** : Contribution à l'étude de la stéréochimie cyclanique (16e mémoire). Action de l'acide nitreux sur les α-méthylcyclohexylamines stéréoisomères. — **Gaston Bertier et Bernard Pullman** : Structure électronique des divinylméthane, divinyléthane, diphénylméthane et diphényléthane. — **R. Boudet et R. Rambaud** : Réfraction moléculaire et produits sulfurés. Les incréments du soufre. — **J. Bougault, E. Cattelain et P. Chabrier** : Action de l'amalgame de sodium sur les semicarbazones d'acides cétoniques. — **V. Brustier, P. Bourbon et R. Vignes** : Remarques sur le dosage des alcools méthylique et éthylique dans leur mélange. — **Ng. Ph. Buu-Hoï et Ng. Dat-Xuong** : Sur certaines réactions d'addition des acides gras éthyléniques supérieurs et leurs applications analytiques. — **Jean Bye et Jean-Georges Kiehl** : Etude du système binaire sulfate de calcium-chlorure de sodium. — **R. Caillat, Mlle J. Conreur et C. Lallemant** : Note de laboratoire. Argenture chimique du verre. — **Vincent Chavane** : Recherches sur l'acide aminométhane phosphonique. — **J. Colonge et P. Rochas** : Action de l'oxyde d'éthylène sur les hydrocarbures aromatiques, en présence de chlorure d'aluminium. - I. Benzène. - II. Homologues du benzène. - III. Biphényle. — IV. Naphtalène et tétraline. — **J. Colonge et P. Rochas** : Sur quelques composés hydrophénanthréniques et hydroanthracéniques. — **R. Cornubert, René André et G. Morelle** : Contribution à l'étude de la stéréochimie cyclanique (17e mémoire). Conditions nécessaires de constitution des cyclanones substituées pour l'observation de phénomènes d'équilibre. - Etude de la cis-β.b'-diméthylcyclohexanone - (19e mémoire.) Dérivés de la β.b'-diméthylcyclohexanone cis. — **J. Décombe** : Note sur le dosage des halogènes dans les substances organiques par l'hydrogène naissant. — **Charles Dufraisse, André Etienne et Jean Rigaudy** : Etude sur la constitution des peroxydes de Julian. — Photooxydation et autooxydation dans la série du phénylanthranol. - Isomérie entre un photooxyde et un peroxyde d'origine non photochimique. — **Georges Dupont** : Sur l'autoxydation des pinènes. — **G. Dupont, R. Dulou et M. Vilkas** : Note de laboratoire. Préparation d'alumine pour chromatographie. — **Albert Dunet et Antoine Willemart** : Produits de réduction du phtalimide. Hydroxyphtalimidine et son « soi-disant dimère ». — **Albert Dunet et Antoine Willemart** : Action des amines sur l'hydroxyphtalimidine. — **André Etienne et René Heymès** : Sur les dérivés du di α-indolylméthane. Condensation des aldéhydes avec le scatole et le β-méthoxyindole. — **Mlle Yvonne Garreau** : Action des amino-2 méthyl-4 halogéno-5 thiazols et de leurs dérivés acétylés sur les sulfhydrates et la thiourée. — **J. A Gautier** : Sur la constitution du periodure du Bleu de Méthylène; applications analytiques de ce composé. — **Mlle Marie-Louise Josien** : Disparition de l'acide hypoiodeux dans les solutions argentiques d'iode. 3e Mémoire. - Influence de l'acidité sur l'ordre de la réaction à l'origine. — **Jean Lecomte, André Boullé et Mme Marthe Dominé-Bergès** : Application des spectres d'absorption infra-rouges à l'étude des degrés de condensation du groupement PO_3 dans les sels métalliques. — **E. Lederer et J. Polonsky** : Synthèse de la dihydroxy-4.4' dibenzo-α-pyrone, pigment des glandes à parfum du Castor (Castor fiber). — **Ch. Marschalk** : Problèmes de constitution dans la série du tétracène. - II. Dérivés halogénés de la tétracène diaquinone. — **Ch. Marschalk et J. Dassigny** : Problèmes de constitution dans la série du benzanthracène-1.2. — C.

Mentzer et Mlle D. Billet : Obtention de l'α-tétralone et de l'α-tétralol cristallisés. — **M. Mousseron, J. Jullien et F. Winternitz** : Recherches en série alicyclique (23e mémoire). Composés à substitutions extranucléaires. — **C. Paquot et R. Perron** : Action du formaldéhyde en solution aqueuse et à haute température sur les acides gras. — **C. Paquot et H. Richet** : Contribution à l'étude de l'hydrolyse des triglycérides. — **Jacques Parrod** : Sur la formation d'acide p-iodophénylmercapturique, chez le Lapin, à partir de l'acide céto-2 p-iodophénylthio-3 propionique. — **Jacques Parrod** : Sur l'acide céto-2 benzylthio-3 propionique. — **R. Paul et S. Tchelitcheff** : Recherches sur les carbures β-diéthyléniques. - II. Synthèse des dihydroxy-3.5 pipéridines substituées à l'azote à partir du pentadiène-1.4 (Divinylméthane). — **Mme Alberte Pulman, Bernard Pullman et Paul Rumpf** : Structure électronique du fulvène et du benzofulvène. - II. Etude par la méthode des orbites moléculaires. — **Mme P. Rajzman** : Sur les acides α-(cyclohexène-1) ylalcanoïques et leurs dérivés — **René Romanet** : Thermomètres à résistance de platine pour usage courant au laboratoire. — **C. Sannié**, avec la collaboration technique de **H. Lapin** : Les combinaisons labiles (N-glucosides) du glucose avec les acides aminobenzoïques et leurs esters. — **Honoré Thibon** : Sur la nature de l'hydrate d'alumine précipité des solutions d'aluminate de soude. — **L. Veluz, G. Amiard et J. Bartos** : Un nouveau dérivé de phosphorylation de la vitamine B_1, l'acide thiamine triphosphorique.

INDIAN JOURNAL OF PHYSICS. T. XXII, n° 8, et **PROCEEDINGS OF THE INDIAN ASSOCIATION FOR THE CULTIVATION OF SCIENCE.** T. XXXI, n° 8, août 1948. — **B. M. Bishni** : Sur le spectre Raman des chlorures n-propyliques et du chlorhydrure d'étylène dans différents états. — **P. K. S. Chandhary** : Absorption anormale des rayons γ de RaC. — **S. N. Sen** : Etude par les rayons X de la structure de l'anthraquinone.

JOURNAL DE PHYSIQUE ET LE RADIUM. Tome IX, n° 12, décembre 1948. — **C. Powell** : Développements récents de nos connaissances sur les mésons. — **A. Fréon et R. Mazé** : Une méthode à grand rendement pour l'étude par compteurs du rayonnement cosmique. - I. Description de l'appareil. — **R. Servant** : Méthode nouvelle de mesure des courants continus de plusieurs milliers d'ampères. — **R. Richard-Foy** : Réglage automatique des chambres de Wilson.

3° SCIENCES BIOLOGIQUES ET NATURELLES

ANNALES PHARMACEUTIQUES FRANÇAISES. Tome VI, n°s 7-8, juillet-août 1948. — **M. Guillotet et H. Renault** : Sur l'analyse d'un médicament radioactif par mesure du rayonnement pénétrant. Essai d'une solution colloïdale de thorium. — **P. Fleury, J. Courtois et Ay Wickstrom** : Action de l'acide periodique sur l'acide gluconique. - I. Etude de la réaction, application au dosage du gluconate de calcium en l'absence d'autres corps. — **A. Boutaric et Mlle C. Maraux** : Action inhibitrice de la novocaïne sur la fluorescence des solutions. — **D. Vincent, R. Refait et J. Broca** : Variations de l'activité cholinestérasique du sérum de cheval en fonction du vieillissement et du mode de conservation. — **L. Launoy** : Suite à l'étude de la prophylaxie chimique obtenue par voie orale, chez le Rat, contre Trypanosoma gambiense (souche Yaoundé). — **L. Vignoli, J. Delphaut et J. Lieutier** : Note sur l'extrait fluide de Cascara. — **M. Péronnet** : A propos du dosage de l'adrénaline par la méthode à l'iode. — **Id.** : Sur une impureté du chloroforme susceptible de perturber les dosages de cholestérol par la méthode colorimétrique de Grigaut. — **P. Seabra** : Thérapie dirigée. Recherches de pharmacodynamie. — **A. Roux** : Une réaction de la coloration de la pénicilline (sel de sodium).

ANALES DE LA ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS BIOLOGICAS. Instituto Politecnico Nacional, Mexico, Vol. III, année 1945, n°s 1-2. — **Mansilla Hurtado M.** : Contribution à l'étude histophysiologique du placenta humain et de quelques animaux de laboratoire. — **Moncada Gutierrez U.** : Types de charpente conjonctive dans le placenta humain et chez quelques animaux. — **Castaneda M., Balçazar M. R. et Gavarron F. F.** : Sur l'activité protéolytique du latex de candelilla « Euphorbia cerifera » Alc. — **Osorio Tafall B. F.** : La Mer de Cortez et la productivité phytoplanctonique de ses eaux. — **Sokoloff D. et Mooser O.** : Une nouvelle hémogrégarine trouvée dans le sang de « Ctenosaura pectinata Hæmogregarina ctenosauræ » sp. nov. — **Bonet F.** : Sur la classification des « Oncopoduridæ » (collembola), avec la description d'espèces nouvelles. — **Plummer C. C.** : Cinq nouveaux « Membraciæ » du Mexique (Ins. Hém. Hom.). — **Bolivar T., Pieltain C.** : Renseignements nouveaux sur des « Paratrechus » mexicains et sur la variabilité alaire de quelques espèces (Col. Carab.). — **Smith H. M. et Necker W. L.** : Les types de reptiles et amphibiens mexicains d'Alfredo Dugès. — **Mullerried F. K. G.** : Paléontologie et stratigraphie du Mésozoïque de la vallée de Tixtla, Etat de Guerrero.

GEOGRAPHICAL REVIEW. Octobre 1948. — Une bibliothèque pour géographes. - Les géographes et les énigmes. — **L. Waibel** : La végétation et l'utilisation des terres sur le haut plateau central du Brésil. — **M. Bates** : Le climat et la végétation de la région de Villavicencio, Colombie orientale. — **A. Geddes** : Géographie, sociologie et psychologie : un vœu de coordination, avec un exemple, l'Inde. — **R. E. Murphy** : La propriété foncière sur un atoll de Micronésie. — **H. D. Hall** : Zones de la frontière internationale. — **D. Whittlesey** : Nouvelle visite à Dakar. — **J. E. Spencer et W. L. Thomas** : Les stations d'été de l'Orient. — **H. A. Marmer** : La côte atlantique est-elle en voie de submersion? Le témoignage de la marée. — **P. E. James** : Le bassin de Sao Francisco, Brésil.

GEOGRAPHICAL REVIEW. Janvier 1949, Vol. 39, n° 1. — **C. Gillman** : Une carte des végétations-types du Territoire du Tanganyika. — **O. J. Todd** : Le Fleuve Jaune maîtrisé. — **Ch. Chih-Yi** : Utilisation du sol et possibilités du Sinkiang. — **A. Espenshade** : Un programme pour les pêcheries japonaises. — **W. B Fairchild** : Ressources renouvelables : publications récentes sur la conservation des sols. — **B. E. Thomas** : Frontières et problèmes intérieurs de l'Idaho. — **W. V. Lewis** : Le rôle de l'eau de fusion dans la formation des cirques glaciaires. Une réponse. — **J. E. Williams** : L'altération chimique à basse température. — **G. Manley** : Recherches glaciologiques sur les côtes nord-atlantiques. — **H. S. Sterling** : Les changements de la vie rurale au Mexique.

LE NATURALISTE CANADIEN. Vol. LXXV, n°s 8-10, août-octobre 1948. — **Frère Adrien Robert** : Un nouveau parasite des herbiers. — **Père C. Le Gallo** : Trois botanistes aux îles Saint-Pierre et Miquelon. — **Yves Jean** : Note sur un céphalopode capturé dans l'estuaire du Saint-Laurent. — **Ernest Lepage** : Les lichens, les mousses et les hépatiques du Québec.

LE NATURALISTE CANADIEN. Vol. LXXV, n°s 11-12, novembre-décembre 1948. — **René Bureau** : La conservation des types spécifiques à l'Université Laval. — **L. Massé** : Sur la théorie des balances magnétiques de Schmidt.

LA REVUE D'OKA. Vol. XXII, n° 6, novembre-décembre 1948. — **G. Lasmier** : Sur l'hormone végétale anti-abscissive, l'acide naphtalène-acétique. — **P. M. Hubert** : Savez-vous que ? — **Ad. Tremblay** : L'agriculteur canadien-français. — **E. Michailidès** : Un été au pays des mineurs. - L'agriculture en Grande-Bretagne. — **Z. Roy** : La maladie hollandaise de l'orme.

4° ART DE L'INGENIEUR

BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE. Nos 2 et 3, 15 et 29 janvier 1949. — **G. Decoppet** : Le problème de la gare de Berne. - Muséum d'histoire naturelle à Genève (concours d'architecture).

BULLETIN TECHNIQUE DU « VERITAS ». N° 12, décembre 1948. — **J. G. Belsey et J. C. Robinson** : Propulsion diésel-électrique des cargos de grande puissance. - L'hélicoptère Sikorsky.

ELECTRICAL ENGINEERING. T. 67, n° 8, août 1948. — **H. N. Davis** : Le rôle de l'ingénieur. — **C. Kerr Jr** : L'électricité dans les transports terrestrres. — **D. K. Cotes**: La spectroscopie moléculaire en micro-ondes. — **A. P. Urquidi, A. F. del Busto, G. G. Lozano** : Le développement de l'énergie au Mexique. — **L. M. Duryee** : Aspects économiques du chauffage par radiofréquences. — **Alexander Morton Mac'utchem**, médaille Lamme pour 1947. — **G. K. Teal, M. D. Rigterink, C. J. Frosch** : Matériaux absorbants pour les micro-ondes. — **A. O. Alba** : L'utilisation des ressources électriques du Mexique. — **J R. Woodyard** : Les accélérateurs de particules aux grandes éenrgies. — **M. P. Romeira** : Un essai de moteur par fréquence surimposée. — **C. F. Wagner, L. L. Fountain** : Les courants à bas voltage des défauts d'arcs. — **J. de la Macorra Jr**: L'industrie du papier au Mexique. — **L. A Umansky** : Les tendances dans l'électrification de l'industrie de l'acier. **T. 67, n° 9, septembre 1948.** —**M. J. De Lerno et F. W. G. Bird** : Réalisations de la technique européenne. — **G. W. Elmen et E. A. Gaugler** : Alliages magnétiques spéciaux et applications — **F. D. Snyder** : Progrès électriques dans l'industrie textile. — **G. W. Scott Jr.** : Chauffage diélectrique et par induction. — **M. M. Liwschitz** : Enroulements à rainures fractionnées doublements lacés. — **E. E. Lynch et A. J. Corson** : Détecteurs primaires pour mesures. — **A. G. Quintero** : Possibilités hydroélectriques du Mexique. — **T. J. Boerner** : Un émetteur de 150 kw pour bande standard de radiodiffusion. — **R. L. Fillmore**: La mise en route des moteurs monophasés hermétiquement fermés. — **C. E. Smith** : Considérations sur l'équipement du sondage par résistance. — **H. W. Tice, A. A Kroneberg, W. N. Johnson, J. D. Enefer, E. E. Tugby, C. L Sidway** : Un changement de fréquence dans un réseau. — **A. H. Frampton** : Production d'énergie par usines centrales ou locales ? — **R. R. Baker** : Développements électriques dans l'industrie de la pulpe et du papier. — **L. L. German, H. M. Rozendaal** : Aspects physiques et médicaux du rayonnement. — **H. B. Hansteen** : T. test du glissement modifié pour l'étude expérimentale de la réactance synchrome. — **M. M. Licoschitz** : Equilibrage des enroulements à fentes fractionnées. — Les survoltages des réseaux causés par des défauts et des commutations. — **R. L. Dietzold** : L'époque de la théorie des réseaux arrive. — **M. H. Hobbs** : Pratique des tableaux de distribution et des disjoncteurs. — **T. B. Holliday** : Sécurité et équipement électrique des aéronefs. — **M. A. Hyde** : L'électrification des pipe-lines de pétrole.

T. 67, n° 8, octobre 1948. — **A. G. Conrad** : L'enseignement technique, un instrument de progrès. — **L. A. Guerrero** : Le rôle des ingénieurs dans le développement du Mexique. — **H. I. Rommnes** : La radio dans le service téléphonique en Amérique. — **G. E. Dana** : Expériences sur le rechargement à grande vitesse. — **V. C. Haner, H. A. Rose** : L'écorceur d'hydraulique de tronc Bellingham. — **M. A. Bostwick** : Circuits télémétriques et circuits porteurs. — **W. H. Bennett** : L'électricité statique de la neige sur les avions. — **W. J. Rheingans** : Tendances modernes dans la construction des turbines hydrauliques. — **R. E. Pierce et E. E. George** : L'économique du transport de l'énergie aux grandes distances. — **W. E. Zelley** : L'énergie obtenue par la vapeur. — **D. H. Erickson** : La lecture fait l'homme complet. — **S. M. Denton** : Le pompage pour l'irrigation avec l'énergie du grand Coulee. — **W. F. Davidson** : Les réacteurs nucléaires pour la production d'énergie. — **N. G Holmdaht, C. L. Killgore** : La collection annulaire de 230 Kv de l'usine du grand Coulee. — **R. C. Graham, E. K. Duffy, W. P. Foster** : Essai de niveaux d'ionisation des câbles isolés au caoutchouc. — **W. R. Hough** : Les essais de moteurs. — **F. Cahen** : Les essais à la station de 500Kv de Chevilly. — **B. V. Hoard, E. E. Helvith** : Le système de transmission du grand Coulee. — **J. R. Mc Dade** : Le circuit de contrôle « Phantastron ». — **O. J. M. Smith** : La charge d'espace due à la couronne. — **F. M. Wilson** : Le pompage et l'énergie dans le massif du Colorado. — **H. R. Winemiller, H. Bunte** : Expériences avec chauffage à haute fréquence. — **G. B. Tebo** : Joints et fixations pour conducteurs d'aluminium. — **J. R. Leslie et K. H. Kidd** : Le localisateur de dérangements « linascope ». — **E. Olds, F. Acton** : Mathématiques pour ingénieurs I. : Fonctions d'ajustement. — **R. J. Corfield** : L'électrification d'un système de traction minière. — **L. D. Harris** : Un système universel de télémétrage.

T. 67, n° 9, novembre 1948. — **J. C. Michalowicz** : L'origine du moteur électrique. — **E. Van Valkenburg et W. Matthews** : Analyse du régime stationnaire des générateurs de courant alternatif des aéronefs. — **M. W. Rothpletz, H. S. Williams** : Coordination par induction dans les districts ruraux. — **R. H. Dishington** : Analyse du circuit de la diode. — **D. W. Exner** : Protection de la collectrice principale dans les aéroplanes. — Le redresseur à oxyde de cuivre. — **R. E. Johnson et F. A. Glassow** : Un relai polarisé comme élément de contrôle sur les avions. — **H. Poritsky** : Mathématiques pour les ingénieurs II. La méthode des carrés gréco-latins. — **P. L. Edwards** : Un oscillographe cathodique à six traces. — **L. M. Griffith** : Distribution de 13 800 volts dans la mine de Bunter Hill. — **J. G. Ford** : Les diélectriques liquides pour transformateurs. — **P. Cloke, B. Bates** : Vrai pouvoir diélectrique des papiers de câble. — **J. M. Malpica** : Transformateurs électrostatiques. — **E. L. Harder, W. E. Marter** : Principes du relai protecteur. — **P. J. Allen** : Un indicateur d'ondes stationnaires automatiques. — **B. O. Austin, H. H. C. Richards** : Perfectionnements aux régulateurs de voltage à piles de charbons. — **J. Marsden, R. H. Savage** : Effet de la vapeur de silicone sur le revêtement des balais. — Calcul simplifié des courants de court-circuits. — Tendances et pratiques aux U.S.A. des systèmes de distribution d'énergie.

PHILIPS RESEARCH REPORTS. T. 3, n° 4, août 1948. — **F. L. H. M. Stumpers** : Le bruit dans un système à modulation de fréquence à impulsions. — **A. Van der Ziel et A. Versnel** : Le facteur de bruit dans les tubes dont la grille est à la terre. — **J. D Fast** : L'équilibre entre silice liquide et fer liquide. — **J. L. Meijering** : Courbes de solubilité rétrograde dans les alliages en solutions solides. — **W. J. Oosterkamp** : La dissipation de chaleur dans l'anode d'un tube à rayons X.

REVUE TECHNIQUE PHILIPS. Tome 9, n° 12, 1947-48. — **H. Rinia et P. M. van Alphen** : Fabrication de plaques de corrections associées aux systèmes optiques de Schmidt. — **J. J. Zaalberg van Zelst** : Un montage d'utilisation du microphone à condensateur caractérisé par le niveau minime du souffle. — **H. A. Klasens** : L'imprécision des images radiologiques. — **W. Tak** : Mesure du temps de réverbération suivant la méthode de l'amplification à croissance exponentielle.

LA TECHNIQUE MODERNE. Nos 23-24, 1er-15 décembre 1948. — **J. Canuel** : Les machines spéciales de fabrication en éléments standard. — **A. Gage** : La rénovation de la Centrale de Gennevilliers. La chaufferie haute-pression.

5e PERIODIQUES GENERAUX ET DIVERS

EXPERIENTIA (Bâle). Vol. V, fasc. I, 15 janvier 1949. — **K. Miescher** : Les hormones œstrogènes, de leur découverte à leur synthèse totale. — **H. J. Bielig et F. G. Medem** : Wirkstoffe der tierischen Befruchtung. — **H. Marquardt** : Die Schädigung des Zellkerns durch Röntgenbestrahlung.

JOURNAL OF THE FRANKLIN INSTITUTE. T. 246, n° 5, nov. 1948. — **R. Morgan et R. D. Myers** : Une étude des miroirs argentés chimiquement. — **R. Rudenberg** : Lentilles électroniques à structure hyperbolique du champ. — **W. S. Kimball** : Le meilleur rapport bielle-manivelle pour le fonctionnement régulier des machines à vapeur alternatives.

T. 246, n° 3, septembre 1948. — **A. Sobcyzk** : La stabilisation des servomécanismes transporteurs de fréquences III. — **T. Coulson** : Le wagon « Conestoga ». — **S. B. Ritchie** : La science dans la défense nationale. — **J. Corner** : Une théorie de la balistique intérieure du « Hoch- und - Niederdruck Kanone ».

T. 246, n° 4, octobre 1948. — **R. H. Mc Clarren** : Les recherches au Franklin Institute durant la seconde guerre mondiale relatives aux appareils de contrôle de tir des avions. — **E. E. Witmer et M. A. Pomerantz** : Le trajet effectif dans un télescope à rayons cosmiques vertical. — **R. Rüdenberg** : Les lentilles électroniques à structure hyperbolique du champ.

JOURNAL OF RESEARCH OF THE NATIONAL BUREAU OF STANDARDS. T. 40, n° 3, mars 1948. — **E. R. Weaver et R. Ryley** : Mesures de l'eau dans les gaz par la conductibilité électrique d'un film de matériau hygroscopique. — **V. Fano** : Couplage électrique quadrupolaire du spin nucléaire avec la rotation d'une molécule diatomique polaire dans un champ électrique extérieur. — **W. R. Eubank et R. H. Bogne** : Etude préliminaire sur des parties des systèmes Na_2O-CaO-Al_2O_3-Fe_2O_3 et Na_2O-CaO-Fe_2O_3-SiO_2 — **J. J. Freeman** : Théorie et projet d'une cavité affaiblissante. — **R. K. Cook** : Théorie de l'équilibre du sol de Wagner pour les ponts à courant alternatif. — **W. J. Hamer** : Corrélations entre la cohésion des parois de pâte et la vie moyenne des piles électriques sèches.

T. 40, n° 4, avril 1948. — **V. R. Deitz, H. R. Higginson. C. Parker** : Détermination du soufre dans le noir animal. — **G. B. Schubaner, G. H. Adams** : Effet du support sur les qualités des anémomètres à ailettes. — **D. E. Roberts, R. S. Jessup** : La chaleur de combustion du phényl-beta-naphthylamine (N-phényl-2-naphthylamine). — **J. A. Bennett et H. C. Vacher** : Calibration des mesures de tension par rayons X. — **A. Brenner, E. Kellogg** : Mesure magnétique de l'épaisseur des revêtements de composés du cuivre et du nickel sur l'acier. — **I. A. Denison et M. Romanoff** : Comportement de couples zinc-acier expérimentaux sous la terre. — **I. Feister, L. F. Curtiss** : Désintégration de l'antimoine 124. — **S. J. Rosenberg et J. H. Darr**: Stablilisation de l'acier inoxydable austénitique.

T. 40, n° 5, mai 1948. — **P. A. Sigler, M. N. Geib, T. H. Bone** : Mesures du glissement des trottoirs. — **A. H. Stang et M. Greenspan** : Les plaques de cuivre perforées pour poutrelles d'acier. — **E. H. Hamilton, O. H. Grauer, Z. Zebawsky, C. H. Hahner** : Modifications dans les indices de réfraction et le liquidus d'un verre crown au baryum produites par le remplacement partiel de quelques oxydes. — **D. J. Mc Adam Jr., G. W. Geil, F. J. Cromwell** : Effet des basses températures sur les propriétés mécaniques de l'acier chrome-nickel 18/8. — **F. H. Day et L. S. Taylor** : L'absorption des rayons X dans l'air. — **F. R. Kotter** : La localisation de la branche du galvanomètre pour le maximum de sensibilité du pont de Wheatstone. — **G. D. Pinching, R. G. Bates** : Constante de seconde dissociation de l'acide oxalique de 0° à 50° C et pH de certaines solutions tampons d'oxalates. — **S. L. Madorsky, S. Straus** : Fractionnement par pyrolyse du polystyrène dans un vide élevé et analyse de ses fractions au spectrographe de masse.

T. 40, n° 6, juin 1948. — **C. G. Weber, M. B. Shaw, M. J. O'Leary, J. K. Missimer** : La liaison de la résine et le développement de la résistance dans les papiers offset. — **E. G. Bloom, F. L. Mohler, J. H. Lengel, C. E. Wise** : Transitions métastables dans les spectres de masses de 56 hydrocarbures — **W. W. Walton, F. W. Mc Culloch, W. H. Smith** : Détermination de petites quantités d'oxygène dans les composés organiques. — **E. K. Plyler, C. J. Humphreys** : Spectres d'émission infra-rouge des flammes. — **C. H. Meyers** : Résultats pression-température-volume pour l'oxygène. — **R. E. Stephens** : Réduction de l'aberration sphéro-chromatique dans les systèmes catadioptriques. — **L. Shartois et E. S. Newman** : Quelques relations énergétiques dans les systèmes PbO-B_2O_3 et PbO-SiO_2. — **A. Wexley** : Appareil d'essai d'humidité à basse température, à flux divisé. — **G. H. Keulegan** : Amortissement progressif des ondes isolées.

LA NATURE, n° 3162, octobre 1948. — La naissance d'un volcan. — **F. Appell** : La chromatographie. — **A. Fayol** Le cinquantenaire du Métropolitain. — **L. Tartois** : Périodicité des éclipses, l'éclipse du 18 octobre 1948. — **F. de Laborderie** : Le 35e Salon de l'Automobile. — **L. Perruche** : Les isotopes radioactifs en biologie. — **A. Schaper** : la sélection des taureaux au microscope électronique. — **P. Pierson** : Les fusées de D.C.A. contre le temps. — **A. Boutaric** : Le tricentenaire de l'expérience du Puy-de-Dôme. — **A. Clement** : La découverte du platine par les Espagnols au XVIIIe siècle.

LA NATURE, n° 3163, novembre 1948. — **P. Gauroy** : La réserve zoologique et botanique de Camargue. — **P. Devaux** : Problème de vitesse. — **A. Willemart** : L'éthylène dans l'industrie chimique organique. — **L. Perruche** : Les cultures sans sol ou hydroponics. — **R. Legendre** : Du nouveau sur le Germon. — **H. de Morant** : Les nouvelles salles égyptiennes et orientales du Louvre. — **M. Deribère** : la route des Grands Lacs. — **I. Carré** : Le gaz

LA NATURE N° 3165, janvier 1949. — L'Australie. — **M. Adam** : Récentes applications de l'électronique à la médecine. — **F. de Laborderie** : L'Imprimerie, son matériel, ses progrès. — **P. Devaux** : Applications pratiques de l'énergie atomique. — **Cl. Ch. Mathon** : Les groupements végétaux. — **J. Kohlmann** : La montre-bracelet-réveil. — **R. Taton** : Le Père Marin Mersenne.

SCIENCE PROGRESS. Janvier 1949, n° 145. — **S. Tolansky** : Nouvelles applications de l'interférométrie à rayons lumineux multiples. — **T. Dalling** : La lutte contre les maladies du bétail. — **J. Nance** : Critique de la méthode mathématique dans l'analyse des phénomènes observés. — **J. R. Nicholls** : Quelques techniques nouvelles en chimie analytique. — **R. W. Williams** : Sur les progrès récents des machines à calcul.

SCIENTIA. 83, nov.-déc. 1948. — **P. B. Thum** : L'indéterminisme physique et l'autonomie de la vie. — **W. Bischler** : Vitamines et neurologie. — **J. B. Lastres** : La médecine des Incas. — **M. Niedermann** : L'interpénétration des langues (I).

SCIENZA E LAVORO. III, n° 4, avril 1948. — **Destin de la recherche scientifique en Italie.** — **Zammarchi A.** : De l'énergie nucléaire à l'électricité. — **Pavan M. et Nascimbene A.** : Un nouvel antibiotique animal. — **Gazzaniga G. B.** : Structure de l'Univers. — **Sappa F.** : Applications des hormones végétales. — **Besozzi L.** : La stabilisation des navires.